А. Г. ХОДАСЕВИЧ
Т. И. ХОДАСЕВИЧ

СПРАВОЧНИК

ПО УСТРОЙСТВУ И РЕМОНТУ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ АВТОМОБИЛЕЙ

Часть 1

Второе издание
(исправленное и дополненное)

ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ

МОСКВА

АНТЕЛКОМ

2003



ББК 32.844.1
Х31

Ходасевич А. Г., Ходасевич Т. И.
Х70 Справочник по устройству, применению и ремонту электронных приборов автомобилей. Часть 1. Электронные системы зажигания. - М.: АНТЕЛКОМ, 2003. - 240с.: ил.

ISBN 5-93604-016-X

Настоящий справочник содержит данные о различных устройствах, используемых в автомобильной технике. Материал систематизирован таким образом, чтобы читатель мог обеспечить грамотную эксплуатацию, применение, ремонт и даже изготовление автомобильного электрооборудования в домашних условиях.

Помимо этого приводится информация об отечественных и импортных микросхемах, транзисторах и диодах, применяемых в приборах для автомобилей, указаны возможные замены этих элементов. В книге также представлено множество принципиальных схем и печатных плат коммутаторов и других электронных изделий используемых в автомобиле.

Рассмотрены вопросы модернизации и оригинального использования описываемых приборов.

Книга будет полезна широкому кругу автомобилистов и радиолюбителей, а также работникам ремонтных служб и заводов изготавливающих электрооборудование для автомобилей.

ББК 32.844.1

В связи с большим объемом информации отраженной в справочнике, заранее просим извинения за возможные ошибки и неточности сделанные при наборе книги. В последующих изданиях они будут исправляться.

ISBN 5-93604-016-X (рус.)

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

С каждым годом расширяется применение электронных приборов и систем в автомобилях. Сейчас практически любая система электрооборудования включает элементы электроники с комплектующими, как отечественного, так и импортного производства. Это связано с решением таких задач, как обеспечение безопасности движения, уменьшение загрязнения воздуха отработавшими газами, улучшение ходовых качеств автомобиля, его надежность, улучшение условий работы водителя, снижение трудоемкости технического обслуживания.

Внедрение электронных устройств идет в основном по двум направлениям: замена существующих механических устройств, функции которых электронные устройства выполняют с большей надежностью, качеством (электронные системы зажигания, регуляторы напряжения, тахометры и др.); внедрение электронных приборов, выполняющих функции, которые не могут выполнять механические приборы (электронные противоблокировочные системы, различные автоматические устройства, задающие режим работы двигателя и движения автомобиля и др.). Применение указанных устройств позволяет существенно повысить эксплуатационные качества автомобиля.

Электрооборудование современного автомобиля представляет собой сложную систему, включающую до 100 и более изделий. Его стоимость примерно равна 1/3 стоимости автомобиля.

Внедрение электронных устройств также связано с решением проблемы создания специальной элементной базы, так как условия работы изделий электрооборудования автомобиля весьма специфичны. Это широкий диапазон изменения температур (-50 ÷ +150°С), вибрации, подверженность агрессивному действию окружающей среды и др.

Усложнение электрооборудования автомобилей имеет и отрицательную сторону, связанную с увеличением числа отказов, иногда из-за некачественной сборки, или из-за неграмотного обращения с ним. По статистике более 30% неисправностей в автомобиле приходится на электрооборудование. Вместе с тем, ни объем литературы, выпускаемой по данной тематике, ни полноту содержащихся в ней сведений нельзя признать удовлетворительной.

С точки зрения системного подхода, электрооборудование автомобиля может быть представлено в виде ряда самостоятельных функциональных систем: ***зажигания, электроснабжения, пуска, освещения, сигнализации, информации и диагностирования, системы автоматического управления двигателем и трансмиссией***.

Ряд изделий электрооборудования, например: стеклоочистители, электродвигатели отопления и вентиляции, звуковые сигналы, радиооборудование и т.п. можно условно назвать вспомогательным оборудованием.

Поэтому, в связи с большим количеством систем электрооборудования, представляется целесообразным рассмотрение их по отдельности.

Работая над серией справочников, автор стремился восполнить этот пробел. Была поставлена цель провести анализ большинства схем электронных приборов, находящихся в эксплуатации на автомобилях. Для этого закупленные приборы испытывали, потом разбирали, изучали устройство и комплектующие, проводились опыты по возможной замене отдельных элементов, затем прямо с образцов срисовывались (разворачивались) схемы. Также обобщался и систематизировался имеющийся материал, что поможет обеспечить грамотную эксплуатацию, применение, ремонт и даже изготовление приборов в домашних условиях.

В справочнике приведены также данные по ряду импортных и отечественных микросхем, транзисторов и диодов, применяемых в электронных приборах автомобилей, рассмотрена возможная их взаимозаменяемость. Приведен справочный материал по цветовой и кодовой маркировке компонентов радиоэлектронной аппаратуры, их параметры.

Приведено большое количество электрических принципиальных схем и печатных плат электронных приборов зарубежного и отечественного производства (заводские, кооперативные и частные разработки).

Рассмотрены вопросы ремонта, модернизации и оригинального применения приборов.

Автор надеется, что справочник будет весьма полезен как автолюбителям и радиолюбителям, так и работникам ремонтных служб и заводов изготавливающих электрооборудование для автомобилей.

Замечания и предложения по справочнику направляйте по адресу:
123481, г. Москва, а/я 9, для Ходасевича Александра.
E-mail: antelcom@mtu-net.ru для Ходасевича Александра.
http://www.antelcom.ru

СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЙ ПРИБОРОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ . ПРИМЕНЯЕМАЯ В АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Электрооборудование автомобильной промышленности обозначается девяти или десяти цифровыми номерами с точкой, проставляемой между 2 и 3 или 3 и 4 знаками.

- 00.0000000 - полный номер базовой модели изделия в сборе, его узлов и деталей;

000.0000000 - полный номер модификации изделия, его узлов и деталей, в которых;

00-. - первые два знака обозначают порядковый номер агрегата или узла (первая модель начинается с 11).

- -0. - третий знак обозначает модификацию изделия (при отсутствии модификации, этот знак опускается).

. - точка отделяет номер модели или модификации изделия от номера типовой группы или подгруппы и номера детали.

- - -.0000 - номер типовой группы или подгруппы (00 или 0000);

- - -.- - - -000 - порядковый номер детали в пределах типовой подгруппы, устанавливаемый в соответствии со спецификациями типовых деталей автомобилей прицепов и, номерными книгами по обозначению деталей на предприятиях.

Пример 1. Обозначение новой модели генератора мощностью 350 Вт на 12 В.

133.3701 - сокращенное обозначение 3 модели и 3 модификации генератора.
13 - порядковый номер базовой модели генератора;
- -3 - третья модификация базовой модели;
- - -. - точка отделяет номер модели и ее модификации от номера типовой подгруппы;
- - -.3701 - типовая подгруппа "Генератор".

Полное обозначение деталей и узлов, составляющих данный генератор 133.3701000, а его базовой комплектации - 133.3701010.

Пример 2. Обозначение на приборе 36.3734.

- первые две цифры стоящие после точки (для электрооборудования это всегда "37") обозначают, что изделие относится к автотранспортному электрооборудованию.

- следующие две цифры "34", отвечают на вопрос "что это такое ?" - коммутатор системы зажигания.

- первые две цифры перед точкой "36" обозначают модель данного прибора (они в равной мере относятся ко всем модификациям и вариантным исполнениям этой модели.

Если у двух изделий перед точкой стоят разные цифры, то обычно это обозначает, что речь идет о приборах совершенно разных моделей, хотя и одинаковых по принципиальному назначению.

13.3734, этот электронный коммутатор применяется в системах зажигания автомобилей "ГАЗ", с электромагнитным датчиком.

42.3734 - это двухканальный электронный коммутатор, применяется в системах зажигания автомобилей "ВАЗ", с датчиком Холла.

Примечание: в тоже время коммутаторы - 72.3734; 76.3734; 95.3734; 96.3734 и другие (смотри содержание справочника) взаимозаменяемы с коммутатором 36.3734, а коммутаторы 90.3734; 94.3734 и другие - взаимозаменяемы с коммутатором 131.3734.

После двух цифр обозначения модели может стоять еще одна Она свидетельствует, что мы имеем дело с модификацией базовой модели, ее модернизированным конструктивным вариантом.

130.3734, этот электронный коммутатор применяется в системах зажигания автомобилей "ГАЗ".

Примечание: электронный коммутатор 131.3734 - хоть и применяется в системах зажигания автомобилей "ГАЗ", но применять его надо без добавочного резистора, как и коммутаторы 90.3734; 94.3734.

Иногда в тойже части маркировки после третьей цифры ставиться еще одна, четвертая по счету. Она указывает на специфичное выполнение изделия для тропического климата или особо высокой влажности. Потребителей это не должно особенно интересовать, т. к. в обычных условиях все приборы такого рода равны.

36.3734 - 3620.3734.
13.3734 - 1302.3734.

Примечание: электронный коммутатор 3660.3734 не может быть использован вместо 3620.3734 и ему подобных.

Иногда после полной маркировки прибора (которую мы рассматривали), через дефис могут быть помещены еще две цифры, которыми обозначают вариантное исполнение изделия. Изделие вариантного исполнения чаще всего взаимозаменяемо с базовым.

13.3734 - 1302.3734-01

К сожалению, как видно из примеров, нынешние производители не всегда пользуются установленной системой обозначений, поэтому при покупке электронных изделий с маркировкой не совпадающей с оригиналом, необходимо уточнять возможность его замены (желательно не со слов продавца, а по паспорту изделия).

ТИПОВЫЕ ГРУППЫ

37 - электрооборудование;
47 - дополнительное оборудование;
79 - радиотелевизионное и магнитофонное оборудование.

ТИПОВЫЕ ПОДГРУППЫ

3700 - электрооборудование;
3701 - генератор;
3702 - реле регулятор (реле обратного тока; регулятор напряжения и тока).
3703 - аккумуляторная батарея;
3704 - выключатель зажигания;
3705 - катушка зажигания;
3706 - распределитель зажигания;
3707 - свечи и провода зажигания;
3709 - переключатели;
3726 - указатель поворотов;
3729 - добавочный резистор;
3733 - блокировочные устройства;
3734 - транзисторный коммутатор;
3747 - реле различного назначения;
3761 - электронный блок управления;
3813 - тахометр;
3838 - датчик транзисторного коммутатора;
3847 - датчик цифровой системы зажигания;

Номера и наименования типовых деталей и узлов отдельных приборов электрооборудования устанавливает отраслевая нормаль ОН 025 211 - 69.

Таковы особенности принятой индексации. Старая маркировка еще кое - где сохранилась (например: ТК - транзисторный коммутатор; РН - регулятор напряжения; Г - генератор; Р - распределитель зажигания), но она уже отмирает.

СОКРАЩЕНИЯ, ПРИНЯТЫЕ В СПРАВОЧНИКЕ

АБ - аккумуляторная батарея.
БСЗ - бесконтактная система зажигания.
ВМТ - верхняя мёртвая точка.
ВЗ - выключатель зажигания (замок зажигания).
ДВС - двигатель внутреннего сгорания.
ПХХ - принудительный холостой ход.
КВ - коленчатый вал (коленвал).
КЗ - катушка зажигания.
КПД - коэффициент полезного действия.
ОК - октан - корректор.
СЗ - система зажигания.
УОЗ - угол опережения зажигания.
ХХ - холостой ход.
ЭДС - электродвижущая сила.

1. СИСТЕМА ЗАЖИГАНИЯ

1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Система зажигания (СЗ) предназначена для надежного и своевременного воспламенения рабочей смеси в цилиндрах двигателя импульсами высокого напряжения, распределяя их по свечам цилиндров в соответствии с порядком, фазой и режимом работы двигателя (частоты вращения и нагрузкой).

Источником высокого напряжения служит катушка зажигания, потребляя ток низкого напряжения аккумуляторной батареи, она преобразует его в ток высокого напряжения (12 ÷ 30 кВ).

Искровой разряд, образующийся между электродами свечи, должен обладать необходимой энергией, обеспечивающей надежное воспламенение рабочей смеси на всех режимах работы двигателя.

Напряжение, при котором происходит искровой разряд между электродами свечи, называют ПРОБИВНЫМ. Оно зависит от зазора между электродами свечи, давления смеси (степени сжатия) и температуры газов. Пробивное напряжение увеличивается с повышением степени сжатия и расстояния между электродами и снижается с повышением температуры рабочей смеси. Для степени сжатия $\Sigma = 7 \div 7{,}5$ при пуске необходимо напряжение пробоя равное 16÷ 18 кВ, а на установившемся рабочем режиме 12 ÷ 14 кВ. Для $\Sigma = 8{,}5 \div 10$, соответственно 18 ÷ 20 кВ и 13 ÷ 15 кВ. Система зажигания должна развивать рабочее напряжение, превышающее пробивное не ме-нее чем в 1,5 раза. В процессе эксплуатации напряжение пробоя увеличивается за счет округления кромок электродов свечи и увеличения зазора между ними.

Электрическая искра вызывает появление в ограниченном объеме рабочей смеси первых активных центров, от которых начинается развитие химической реакции окисления топлива. Воспламенение рабочей смеси является началом бурной реакции окисления топлива, сопровождающейся выделением тепла.

От мощности искры и момента зажигания рабочей смеси в значительной степени зависит экономичность и устойчивость работы двигателя, а также токсичность отработавших газов. На прогретом двигателе к моменту искрообразования рабочая смесь сжата и имеет температуру, близкую к температуре самовоспламенения. В этом случае достаточно незначительной энергии электрического разряда, порядка 1 ÷ 5 мДж. Однако при пуске холодного двигателя, работе на обедненных смесях ($\alpha = 1{,}1 \div 1{,}2$) при частичном открытии дроссельной заслонки, работе на холостом ходу, работе при резких открытиях дроссельной заслонки, требуется значительная энергия искры, порядка 30 ÷ 100 мДж и иметь продолжительность порядка 2 мс, чтобы пробить зазор в свече 0,6 ÷ 1,1 мм. Для повышения мощности, экономичности и уменьшения токсичности двигателя, СЗ должна автоматически устанавливать оптимальный угол опережения зажигания (изменять установочный угол) в зависимости от различных скоростных и нагрузочных режимов работы и других параметров (состава и температуры смеси и двигателя, состава выпускных газов, а также на режимах пуска, разгона и торможения двигателем).

Момент зажигания характеризуется углом поворота коленчатого вала (КВ), отсчитываемый от положения вала в момент подачи искры до положения, когда поршень проходит в верхнюю мертвую точку (ВМТ).

Момент зажигания рабочей смеси должен выбираться с таким расчетом, чтобы смесь, сгорая, развивала максимальное давление сразу после прохода поршнем ВМТ. Рабочая смесь сгорает в течение определенного времени. Сразу после электрического разряда происходит скрытый период горения, в течение которого давление в цилиндре, обуславливаемое горением, еще не повышается. Затем следует период видимого горения, при котором фронт пламени распространяется со скоростью 20 ÷ 40 м/с и резко повышается давление газов.

Угол между положением КВ и ВМТ в момент искрообразования, называют углом опережения зажигания (УОЗ).

1.2. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ

Известные ныне системы зажигания получают необходимую энергию не непосредственно от аккумуляторной батареи, а от промежуточного накопителя энергии. В зависимости от накопителя различают системы с накоплением энергии в индуктивности и емкости.

На рис. 1.1 представлена структурная схема батарейной системы зажигания и её основные элементы:

- источник тока ИТ, функцию которого выполняет аккумуляторная батарея или генератор;
- выключатель цепи питания ВЗ, функцию которого выполняет замок зажигания;

- датчик-синхронизатор ДС, механическим способом связанный с коленчатым валом двигателя, определяет угловое положение коленчатого вала;

- регулятор момента зажигания РМЗ, который механическим или электрическим способом вычисляет момент подачи искры в зависимости от частоты вращения или нагрузки двигателя;

- источник высокого напряжения ИВН, содержащий накопитель энергии Н преобразователь низкого напряжения в высокое П, функцию которых выполняет катушка зажигания;

-датчик-управления ДУ, представляет собой электромеханический ключ (контакты прерывателя) или электронный ключ (мощный транзистор или тиристор), управляется РМЗ, служит для подключения и отключения ИТ к накопителю ИВН, т. е. управляет процессами накопления и преобразования энергии;

- распределитель импульсов высокого напряжения Р механическим либо электрическим способом распределяет высокое напряжение по соответствующим цилиндрам двигателя;

- элементы помехоподавления ПП, функции которых выполняют экранированные провода и помехоподавительные резисторы, размещенные либо в распределителе Р, либо в свечных наконечниках, либо в высоковольтных проводах в виде распределенного сопротивления;

- свечи зажигания СВ, которые служат для образования искрового разряда и зажигания рабочей смеси в камере сгорания двигателя.

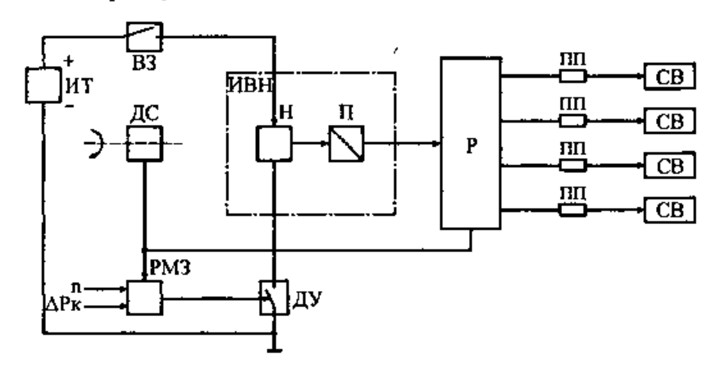


Рис. 1.1. Структурная схема батарейной системы зажигания

1.3. Классификация батарейных систем зажигания

Классификационная схема батарейных систем зажигания, использующих катушку (или несколько катушек) зажигания в качестве источника импульсов высокого напряжения, представлена на рис. 1.2.

Системы зажигания в представленной классификационной схеме подразделены по шести основным признакам:

- по способу управления (синхронизации) системой зажигания;
- по способу регулирования угла опережения зажигания;
- по способу накопления энергии;
- по типу датчика управления (по способу размыкания первичной цепи катушки зажигания);
- по способу распределения импульсов высокого напряжения по цилиндрам двигателя;
- по типу защиты от радиопомех.

По способу управления системы зажигания делят на системы с контактным управлением и системы с бесконтактным управлением (или бесконтактные системы). Системам с контактным управлением присущи недостатки, связанные с износом и разрегулировкой контактов, ограниченные скоростные режимы из-за вибрации контактов и т. п.

В бесконтактных системах зажигания управление осуществляется специальными бесконтактными датчиками, что позволяет избежать указанных недостатков систем с контактным управлением.

Внутри этих двух классов системы отличаются как конструктивными схемными решениями, так и применяемыми электронными коммутирующими приборами, датчиками, способами накопления энергии, регулирования угла опережения зажигания, распределением импульсов высокого напряжения по цилиндрам.

В более простых системах зажигания для регулирования угла опережения используются механические центробежный и вакуумный автоматы, которые реализуют весьма простые зависимости.

Механические автоматы со временем изнашиваются, что приводит к погрешности момента искрообразования и ухудшению процесса сгорания рабочей смеси. Дополнительные погрешности возникают также и в результате использования механической понижающей передачи от коленчатого вала двигателя к распределителю.

В последнее время благодаря большим достижениям в области электроники и микроэлектроники создаются системы зажигания, в которых полностью отсутствуют механические устройства управления, а следовательно, и ограничения, свойственные им. Эти системы, осуществляющие управление моментом зажигания по большому числу параметров, приближая угол опережения к оптимальному, получили общее название - системы с электронным регулированием угла опережения зажигания. Среди способов реализации этих систем можно выделить два: аналоговый и цифровой. В настоящее время цифровые системы зажигания, благодаря развитию технологии производства цифровых интегральных схем средней и большой степени интеграции, являются наиболее совершенными. Одним из последних достижений в этой области являются микропроцессорные системы.

Применение электроники позволяет полностью исключить механические узлы, например вращающийся высоковольтный распределитель энергии. Функцию распределителя выполняют многовыводные (2^{x}, 4^{x}, 6^{x} - выводные) катушки зажигания или катушечные модули, управляемые контроллером. В системах со статическим распределением энергии, благодаря отсутствию вращающегося бегунка и связанного с ним искрения, значительно ниже уровень электромагнитных помех.

В ряде случаев, например, на автомобилях высокого класса, требуется максимальное снижение уровня помех радиоприему, телевидению и средствам связи, как на самом автомобиле, так и на внешних объектах. С этой целью высоковольтные детали и провода, а также сами узлы системы зажигания экранируют. Такие системы зажигания называются экранированными.

Все системы зажигания разделяются также на две группы, отличающиеся способами накопления энергии (в индуктивности или емкости) и способами размыкания первичной цепи катушки зажигания (типом силового реле). На автомобильных двигателях широкое применение нашли системы зажигания с накоплением электромагнитной энергии в магнитном поле катушки, использующие контактные или транзисторные прерыватели. В тиристорных системах зажигания энергия для искрового разряда накапливается в конденсаторе, а в качестве силового реле применяется тиристор. В этих системах катушка зажигания не накапливает энергию, а лишь преобразует напряжение. Характерной особенностью тиристорных систем зажигания является высокая скорость нарастания вторичного напряжения, поэтому пробой искрового промежутка свечи надежно обеспечивается даже при загрязненном и покрытом нагаром изоляторе свечи. Кроме того, в тиристорных системах величина вторичного напряжения может быть практически постоянной при изменении частоты вращения коленчатого вала двигателя до максимальной, так как конденсатор успевает полностью зарядиться на всех режимах работы двигателя. Однако тиристорные системы зажигания имеют сравнительно малую продолжительность индуктивной составляющей искрового разряда (не более 300 мкс), что приводит к ухудшению воспламеняемости и сгорания рабочей смеси в цилиндрах двигателя на режимах частичных нагрузок. Многочисленными исследованиями установлено, что в режимах частных нагрузок и при работе двигателя на сильно обедненных рабочих смесях требуется продолжительность индуктивной составляющей искрового разряда не менее 1,5 ÷ 2 мс, что достаточно просто реализуется в системах зажигания с накоплением энергии в индуктивности. Последние достижения в области создания транзисторных систем зажигания, такие, как использование высоковольтных транзисторов Дарлингтона, применение принципа нормирования времени накопления энергии, позволили практически устранить такие недостатки индуктивных систем, как большая зависимость вторичного напряжения от шунтирующего сопротивления на изоляторе свечи и от частоты вращения коленчатого вала. Перечисленные достоинства и простота реализации предопределили широкое использование систем зажигания с накоплением энергии в индуктивности на автомобильных двигателях.

Системы зажигания с накоплением энергии в емкости нашли широкое применение на газовых и высокооборотных мотоциклетных двигателях, которые не критичны к длительности искрового разряда.

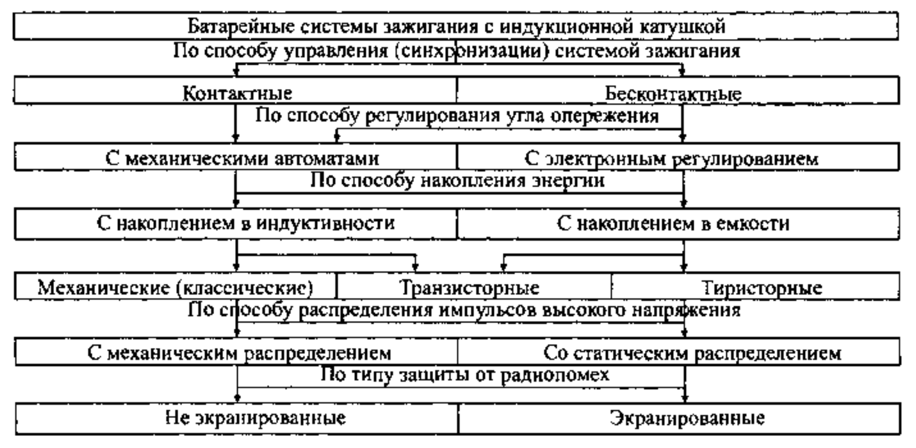


Рис. 1.2. Классификационная схема батарейных систем зажигания автомобильных двигателей

В соответствии с классификационной схемой (рис. 1.2) различают следующие системы зажигания, которые серийно выпускаются в настоящее время у нас в стране и за рубежом:

- контактная с механическим прерывателем и катушкой зажигания, или классическая;
- контактно-транзисторная;
- контактно-тиристорная с накоплением энергии в емкости:
- бесконтактно-тиристорная с накоплением энергии в емкости и индукционным датчиком;
- бесконтактно-тиристорная с накоплением энергии в емкости с датчиком Холла;
- бесконтактно-транзисторная с накоплением энергии в индуктивности и индукционным датчиком;
- бесконтактно-транзисторная с накоплением энергии в индуктивности с датчиком Холла;
- бесконтактно-транзисторная с накоплением энергии в емкости с датчиком Холла;
- цифровая с механическим распределителем;
- цифровая со статическим распределителем;
- микропроцессорная система управления автомобильным двигателем (МСУАД).

1.4. ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМАМ ЗАЖИГАНИЯ. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Исходя из условий работы ДВС к системам зажигания предъявляют следующие основные требования:

- система зажигания должна развивать напряжения, достаточные для пробоя искрового промежутка свечи, обеспечивая при этом бесперебойное искрообразование на всех режимах работы двигателя;

- искра, образующаяся между электродами свечи, должна обладать достаточной энергией и продолжительностью для воспламенения рабочей смеси при всех возможных режимах работы двигателя;

- момент зажигания должен быть строго определенным и соответствовать условиям работы двигателя;

- работа всех элементов системы зажигания должна быть надежной при высоких температурах и механических нагрузках, которые имеют место на двигателе;

- эрозия электродов свечи должна находиться в пределах допуска.

Исходя из этих требований любая система зажигания характеризуется следующими основными параметрами:

- развиваемым вторичным напряжением в пусковом и рабочем режимах работы U_{2m};
- энергией W_p и длительностью индуктивной составляющей - искрового разряда τ_p;
- углом опережения зажигания φ;
- скоростью нарастания вторичного напряжения $\frac{dU_{2m}}{dt}$;
- зазором между электродами свечей δ;
- коэффициентом запаса по вторичному напряжению $K_з$;

Коэффициентом запаса по вторичному напряжению Кз называется отношение вторичного напряжения U_{2m}, развиваемого системой зажигания, к пробивному напряжению $U_{пр}$ между электродами свечей, установленных на двигателе: $\frac{U_{2m}}{U_{пр}}$.

Пробивное напряжение. Свеча, ввернутая в камеру сгорания двигателя, является своеобразным разрядником. Напряжение, при котором происходит пробой искрового промежутка свечи, называется пробивным.

Величина пробивного напряжения для однородных полей, согласно экспериментальному закону Пашена, прямо пропорциональна давлению смеси р и расстоянию между электродами и обратно пропорциональна температуре смеси Т: т. е. $U_{пр} = f \cdot (\frac{p\delta}{T})$.

Кроме того, на величину $U_{пр}$ оказывают влияние состав смеси, длительность и форма приложенного напряжения, полярность пробивного напряжения, материал электродов и условия работы двигателя.

Так, например, при пуске холодного двигателя стенки цилиндра и электроды свечи холодные, всасываемая топливно-воздушная смесь имеет низкую температуру и плохо перемешана. При сжатии смесь слабо прогревается и капли топлива не испаряются. Попадая в межэлектродное пространство свечи, такая смесь увеличивает пробивное напряжение на 15 ÷ 20 %.

На рис. 1.3. приведены зависимости $U_{пр}$ от давления при различных температурах.

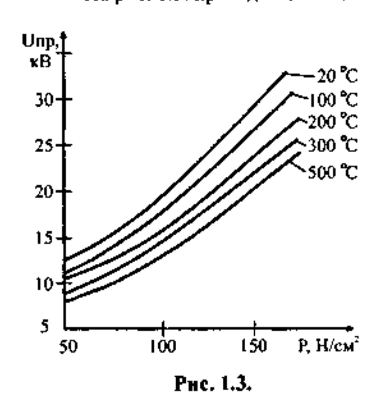


Рис. 1.3.

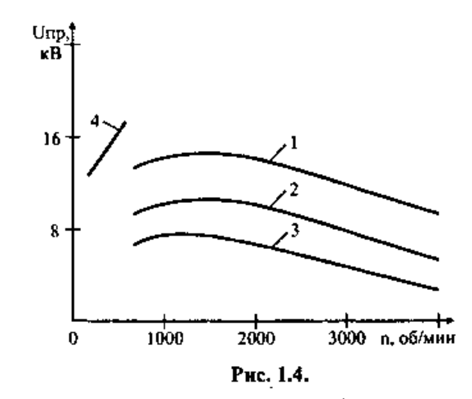


Рис. 1.4.

Рис. 1.3. Влияние давления и температуры на пробивное напряжение.
Рис. 1.4. Зависимость пробивного напряжения от частоты вращения коленчатого вала при различных нагрузках: 1 - пробивное напряжение при полной нагрузке; 2 - то же при 1/2 нагрузки; 3 - то же при малой нагрузке; 4 - то же при пуске и холостом ходе.

Увеличение частоты вращения коленчатого вала двигателя первоначально вызывает некоторое увеличение пробивного напряжения ввиду роста давления сжатия, однако далее происходит уменьшение $U_{пр}$, так как ухудшается наполнение цилиндров свежей смесью и возрастает температура центрального электрода свечи.

Максимального значения пробивное напряжение достигает при пуске и разгоне двигателя, минимального, при работе на установившемся режиме на максимуме мощности.

На рис. 1.4. показаны зависимости пробивного напряжения $U_{пр}$ от частоты вращения коленчатого вала двигателя при различных нагрузках.

В течение первых 2 тыс. км. пробега нового автомобиля пробивное напряжение повышается на 20 ÷25 % за счет округления кромок электродов свечи. В дальнейшем напряжение растет за счет износа электродов и увеличения зазора, что требует проверки и регулировки зазора в свечах через каждые 10 ÷15 тыс. км. пробега.

Если двигатель работает на неустановившихся режимах в результате неоднородности рабочей смеси, поступающей в цилиндры, пробивное напряжение в отдельных цилиндрах может значительно отличаться, а в некоторых случаях могут наблюдаться даже перебои, искрообразования.

Для современных систем зажигания коэффициент запаса по вторичному напряжению принимают не менее 1,5, а в экранированных системах 1,8.

Параметры искрового разряда - энергия, длительность, зазор в свече влияют на развитие начала процесса сгорания в цилиндрах двигателя (в режимах пуска, холостого хода, неустановившихся режимах и при частичных нагрузках). Проведенными исследованиями установлено, что увеличение энергии и продолжительности индуктивной составляющей искрового разряда обеспечивают большую надежность воспламенения смеси и снижение расхода топлива на этих режимах.

Момент зажигания (угол опережения зажигания). Существенное влияние на мощность, экономичность и токсичность двигателя оказывает момент зажигания (появление искрового разряда в свече). Для каждого режима работы двигателя имеется оптимальный момент зажигания, обеспечивающий наилучшие его показатели.

Угол опережения, при котором двигатель развивает максимальную мощность на данном скоростном и нагрузочном режимах, называют оптимальным.

При раннем зажигании (угол опережения больше оптимального) максимальное давление в цилиндре создается до прихода поршня в ВМТ. В результате поршень принимает сильные встречные удары, что приводит к потере мощности с характерными металлическими стуками и форсированным износом деталей двигателя.

При позднем зажигании после перехода поршня через ВМТ (угол опережения зажигания меньше оптимального) смесь горит в такте расширения и в процессе выпуска. Давление газов не достигает своей максимальной величены, мощность и экономичность двигателя снижаются. Происходит повышение токсичности выхлопных газов и температуры (двигатель перегревается из-за увеличения отдачи тепла в охлаждающую жидкость).

С повышением частоты вращения КВ проходит больший угловой путь за время горения смеси, и угол опережения зажигания надо увеличить.

При непрерывно изменяющейся частоте вращения КВ, угол опережения зажигания автоматически корректирует центробежный регулятор.

С уменьшением нагрузки (прикрытием дроссельной заслонки), при постоянной частоте вращения наполнение цилиндров свежей смесью уменьшается, а процентное содержание остаточных газов в рабочей смеси увеличивается, она горит медленнее и требует увеличения угла опережения зажигания. Автоматическое изменение угла опережения зажигания при изменении нагрузки осуществляет вакуумный регулятор опережения зажигания. При переходе на топливо, имеющее меньшее октановое число, угол опережения уменьшают в ручную, с помощью октан - корректора.

На рис. 1.5 показано, изменение давления в цилиндре двигателя в зависимости от угла опережения зажигания. Оптимальное протекание процесса сгорания происходит в том случае, когда угол опережения зажигания наивыгоднейший (кривая 2). Максимум мощности двигатель развивает в том случае, если наибольшее давление в цилиндре создается после ВМТ через 10 ÷ 15° угла поворота коленчатого вала двигателя, т. е. когда процесс сгорания заканчивается несколько позднее ВМТ. Наивыгоднейший угол опережения зажигания определяется временем, которое отводится на сгорание смеси, и скоростью сгорания смеси. В свою очередь, время, отводимое на сгорание, зависит от частоты вращения коленчатого вала, а скорость сгорания определяется составом рабочей смеси и степенью сжатия.

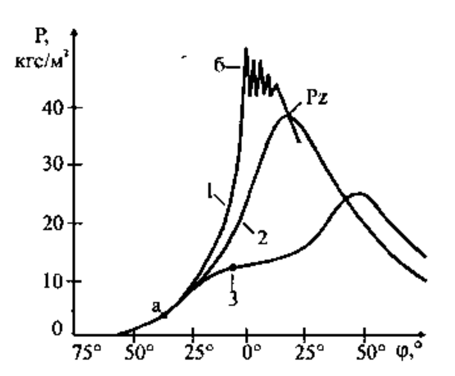


Рис. 1.5. Изменение давления в цилиндре двигателя в зависимости от момента зажигания:
1 - раннее зажигание;
2 - нормальное зажигание;
3 - позднее зажигание;
а - момент зажигания;
б - детонация;
Pz - максимум давления в цилиндре.

По современным представлениям, угол опережения зажигания должен выбираться с учетом частоты вращения коленчатого вала, нагрузки, двигателя, температуры охлаждающей жидкости и всасываемого воздуха, атмосферного давления, состава выхлопных газов, скорости изменения положения дроссельной заслонки (разгон, торможение).

На рис. 1.6 и 1.7 приведены зависимости наивыгоднейшего угла опережения зажигания от частоты вращения коленчатого вала и нагрузки двигателя.

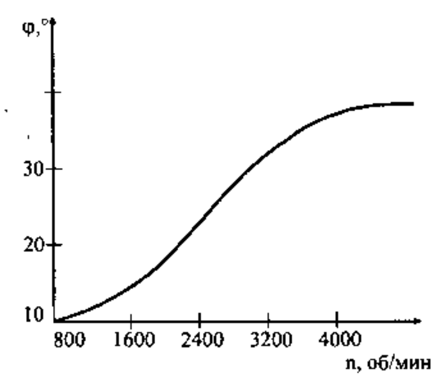


Рис. 1.6. Зависимость угла опережения зажигания от частоты вращения коленчатого вала двигателя.

φ,°

n3 > n2 > n1

40, 30, 20, 10

n3, n2, n1

20, 40, 60, 80, 100

нагрузка, %

Рис. 1.7. Зависимость угла опережения зажигания от нагрузки при различной частоте вращения.

Кроме обеспечения наивыгоднейшего угла опережения, система зажигания должна обеспечивать очередность подачи высокого напряжения на свечи соответствующих цилиндров двигателя в соответствии с порядком работы.

Одним из важных требований эксплуатации к системам зажигания является сохранение ее исходных характеристик без изменений в течение всего срока службы двигателя при минимуме ухода.

2. КЛАССИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЗАЖИГАНИЯ

2.1. ПРИНЦИП РАБОТЫ КЛАССИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ

Классическая система батарейного зажигания с одной катушкой и многоискровым механическим распределителем до сих пор широко распространена на современных автомобилях.

Главным достоинством этой системы является ее простота, обеспечиваемая двойной функцией механизма распределителя: прерывание цепи постоянного тока для генерирования высокого напряжения и синхронное распределение высокого напряжения по цилиндрам двигателя.

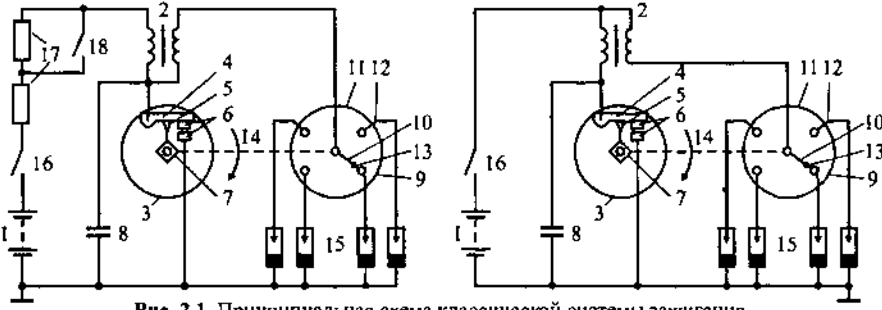


Рис. 2.1. Принципиальная схема классической системы зажигания.

Схема состоит из следующих элементов:

- источника тока - аккумуляторной батареи 1;
- катушки зажигания (индукционной катушки) 2, которая преобразует ток низкого напряжения в ток высокого напряжения. Между первичной и вторичной обмотками имеет место автотрансформаторная связь;
- прерывателя 3, содержащего рычажок 4 с подушечкой 5 из текстолита, поворачивающийся около оси;
- контактов прерывателя 6;
- кулачка 7, имеющего число граней, равное числу цилиндров.

Неподвижный контакт прерывателя присоединен к "массе"; подвижной контакт укреплен на конце рычажка Если подушечка не касается кулачка, контакты замкнуты под действием пружины. Когда подушечка находит на грань кулачка, контакты размыкаются. Прерыватель управляет размыканием и замыканием контактов и моментом подачи искры;

- конденсатора первичной цепи 8 (C1), подключенного параллельно контактам 6, который является составным элементом колебательного контура в первичной цепи после размыкания контактов;
- распределителя 9, включающего в себя бегунок 10, крышку 11, на которой расположены неподвижные боковые электроды 12 (число которых равно числу цилиндров двигателя) и неподвижный центральный электрод, который подключается через высоковольтный провод к катушке зажигания. Боковые электроды через высоковольтные провода соединяются с соответствующими свечами зажигания. Высокое напряжение к бегунку 10 подается через центральный электрод с помощью скользящего угольного контакта. На бегунке имеется электрод13, который отделен воздушным зазором от боковых электродов 12. Бегунок 10 распределителя и кулачок 7 прерывателя находятся на одном валу, который приводится во вращение зубчатой передачей от распределительного вала двигателя с частотой вдвое меньшей частоты вращения коленчатого вала. Прерыватель и распределитель расположены в одном аппарате, называемом распределителем зажигания;
- свечей зажигания 15, число которых равно числу цилиндров двигателя;
- выключателя зажигания 16;
- добавочного резистора 17 (Rд), который уменьшает тепловые потери в катушке зажигания, дает возможность усилить зажигание (при пуске двигателя Rд шунтируется контактами реле 18 одновременно с включением стартера.). Добавочный резистор изготовляют из нихрома или константана и наматывают на керамический изолятор.

Принцип работы классической системы батарейного зажигания состоит в следующем.

При вращении кулачка 7 контакты 6 попеременно замыкаются и размыкаются. После замыкания контактов (в случае замкнутого выключателя 16) через первичную обмотку катушки зажигания 2 протекает ток, нарастая от нуля до определенного значения за данное время замкнутого состояния контактов. При малых частотах вращения валика 14 распределителя 9 ток может нарастать до установившегося значения, определенного напряжением аккумуляторной батареи и омическим сопротивлением первичной цепи (установившийся ток). Протекание первичного тока вызывает образование магнитного потока, сцепленного с витками первичной и вторичной обмоток, и накопление электромагнитной энергии.

После размыкания контактов прерывателя, как в первичной, так и во вторичной обмотке индуцируется ЭДС самоиндукции. Согласно закону индукции вторичное напряжение тем больше, чем быстрее исчезает магнитный поток, созданный током первичной обмотки, больше первичный ток в момент разрыва и больше число витков во вторичной обмотке. В результате переходного процесса во вторичной обмотке возникает высокое напряжение, достигающее 15 ÷ 20 кВ.

В первичной обмотке также индуцируется ЭДС самоиндукции, достигающая 200 ÷ 400 В, направленная в ту же сторону, что и первичный ток, и стремящаяся задержать его исчезновение. При отсутствии конденсатора 8 ЭДС самоиндукции вызывает образование между контактами прерывателя во время их размыкания сильной искры или, точнее, дуги. При наличии конденсатора 8 ЭДС самоиндукции создает ток, заряжающий конденсатор. В следующий период времени конденсатор разряжается через первичную обмотку катушки и аккумуляторную батарею. Таким образом, конденсатор 8 практически устраняет искрообразование в прерывателе, обеспечивая долговечность контактов и индицирование во вторичной обмотке достаточно высокой ЭДС.

Вторичное напряжение подводится к бегунку распределителя, а затем через электроды в крышке и высоковольтные провода поступает к свечам соответствующих цилиндров.

На рис. 2.2 приведены характеристики электрических сигналов в первичной и вторичной цепях системы зажигания.

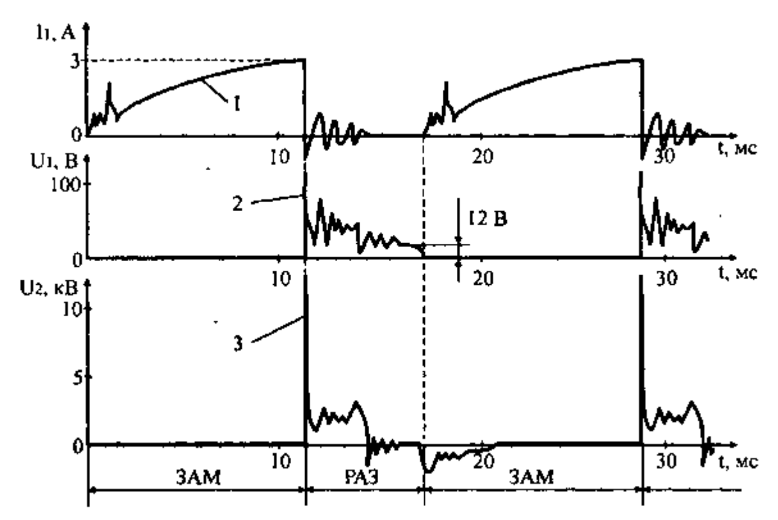


Рис. 2.2. Характеристики электрических сигналов в первичной и вторичной цепях системы: 1 - первичный ток; 2 - импульс первичного напряжения; 3 - импульс вторичного напряжения; ЗАМ - контакты замкнуты; РАЗ - контакты разомкнуты.

2.2. РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС БАТАРЕЙНОЙ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ

Нормальным рабочим режимом любой системы батарейного зажигания, использующей индукционную катушку в качестве источника высокого напряжения, является переходный режим, в результате чего образуется искровой разряд в свече зажигания. Рабочий процесс может быть разбит на три этапа:

Первый этап. Замыкание контактов прерывателя. На этом этапе происходит подключение первичной обмотки катушки зажигания (накопителя) к источнику тока. Этап характеризуется нарастанием первичного тока и, как следствие этого, накоплением электромагнитной энергии, запасаемой в магнитном поле катушки;

Второй этап. Размыкание контактов прерывателя. Источник тока отключается от катушки зажигания. Первичный ток исчезает, в результате чего накопленная электромагнитная энергия превращается в электростатическую. Возникает ЭДС высокого напряжения во вторичной обмотке;

Третий этап. Пробой искрового промежутка свечи. В рабочих условиях при определенном значении напряжения происходит пробой искрового промежутка свечи с последующим разрядным процессом.

Рабочий процесс рассмотрим на примере классической системы зажигания.

2.2.1. Первый этап. Замыкание контактов прерывателя

На этом этапе вторичная цепь практически не влияет на процесс нарастания первичного тока. Токи и напряжения во вторичной цепи при относительно малой скорости нарастания первичного тока незначительны. Вторичную цепь можно считать разомкнутой. Первичный конденсатор замкнут накоротко контактами К. Схема замещения для данного рабочего этапа приведена на рис. 2.3.

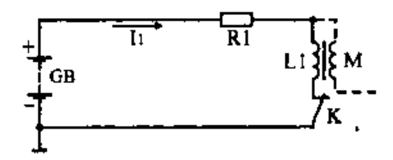


Рис. 2.3. Схема замещения классической системы зажигания после замыкания контактов прерывателя.

Процесс нарастания первичного тока согласно второму закону Кирхгофа описывается дифференциальным уравнением:

$$U_б = L1 \cdot \frac{dI_1}{dt} + I_1 \cdot R1,$$

где $U_б$ - напряжение аккумуляторной батареи; L1 - индуктивность первичной обмотки; R1- полное сопротивление первичной цепи, представляющее собой сумму активного сопротивления первичной обмотки, сопротивления добавочного резистора и проводов; dI_1/dt - скорость нарастания первичного тока.

Решением этого уравнения является уравнение вида: $I_1 = \frac{U_б}{R1} \cdot (1 - e^{-\frac{R1}{L1} \cdot t})$,

где $L1/R1 = \tau_1$ - постоянная времени первичного контура; e - основание натуральных логарифмов.

В начальный момент времени при t = 0 ток I = 0, при этом скорость нарастания первичного тока $(dI_1/dt)_{t=0} = U_б/L1$ максимальна и не зависит от сопротивления R1.

При $t = \infty$ ток достигает установившегося значения $I_1 = \frac{U_б}{R1}$, а скорость его изменения равна нулю $(dI_1/dt)_{t=\infty} = 0$.

Для современных автомобильных катушек зажигания первичный ток достигает своего максимального значения примерно за 0,02 с.

Во время нарастания тока в первичной обмотке наводится ЭДС самоиндукции:

$$e_{c1} = -L1 \cdot \frac{dI_1}{dt} = -U_б \cdot e^{-\frac{t}{\tau 1}}$$

ЭДС самоиндукции убывает по экспоненциальному закону. При $t = 0 \rightarrow e_{c1} = -U_б$, при $t = \infty \rightarrow e_{c1} = 0$.

Во вторичной обмотке индуцируется ЭДС взаимоиндукции:

$$e_{в2} = -M \cdot \frac{dI_1}{dt} = -\frac{M}{L1} \cdot U_б \cdot e^{-\frac{t}{\tau 1}},$$

где M - взаимоиндукция.

ЭДС взаимоиндукции мала по величине и также изменяется по экспоненциальному закону.

В некоторый момент времени контакты размыкаются. Величина тока разрыва при прочих равных условиях зависит от времени замкнутого состояния контактов $t_з$:

$$I_р = \frac{U_б}{R1} \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau 1}}).$$

Время $t_з$ зависит от частоты вращения коленчатого вала двигателя *n*, числа цилиндров z, профиля кулачка, т. е. соотношения между углом замкнутого и разомкнутого состояния контактов.

Частота размыкания контактов при четырехтактном двигателе или число искр в секунду определяется по формуле:

$$f = \frac{z \cdot n}{2 \cdot 60}.$$

Время полного периода работы прерывателя:

$$T = t_з + t_р = \frac{120}{z \cdot n},$$

где $t_р$ - время разомкнутого состояния контактов.

Если обозначить относительное время замкнутого и разомкнутого состояния контактов соответственно $\tau_з = t_з/T$; $\tau_р = t_р/T$, то время замкнутого состояния контактов будет равно:

$$t_з = \tau_з \cdot T = \tau_з \cdot \frac{120}{z \cdot n}.$$

Аналитическое выражение тока разрыва примет вид: $I_р = \frac{U_б}{R1} \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau 1} \cdot \frac{120}{z \cdot n}})$.

Таким образом, ток разрыва уменьшается с увеличением частоты вращения и числа цилиндров и увеличивается с увеличением относительного времени замкнутого состояния контактов, которое определяется геометрией кулачка и от частоты вращения не зависит. Ток разрыва зависит также от параметров первичной цепи: он прямо пропорционален напряжению батареи $U_б$, возрастает с уменьшением R1 и уменьшается с увеличением индуктивности L1.

Величина электромагнитной энергии, запасаемая в магнитном поле катушки зажигания к моменту размыкания контактов, определяется выражением

$$W_м = \frac{L1 \cdot I_1}{2} = 0{,}5 \cdot L1 \cdot \left(\frac{U_б}{R1}\right)^2 \cdot (1 - 2e^{-a} + e^{-2a}),$$

где $a = \frac{R1}{L1} \cdot t_з$.

Если это уравнение продифференцировать по L1 и приравнять к нулю, то можно определить значение *a* для получения наибольшей запасаемой электромагнитной энергии от источника постоянного тока с напряжением $U_б$:

$$a = \frac{R1}{L1} \cdot t_з = 1{,}256.$$

Это условие для обычной классической системы зажигания не может быть соблюдено, так как $t_з$ есть величина переменная и в зависимости от частоты вращения двигателя изменяется в широких пределах. Поэтому на большинстве режимов работы катушки зажигания в диапазоне малых (холостой ход) и средних частот вращения двигателя, вследствие больших значений $t_з$ ток в первичной обмотке, достигнув установившегося значения, бесполезно нагревает КЗ и $R_д$.

Чтобы найти потери в первичной цепи, необходимо вычислить величину действующего значения тока, которая определяется из выражения:

$$I1д = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^{t_з} I1^2 \cdot dt} = \frac{U_б}{R1} \cdot \sqrt{\frac{t_з}{T}} \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{2a} \cdot (e^{-a} - 3) \cdot (e^{-a} - 1)}.$$

Определив по этой формуле величину $I1д$, находят мощность потерь $P1пот$, которая рассеивается в первичной обмотке катушки зажигания, на добавочном сопротивлении и в проводах:

$$P1пот = I1^2 \cdot R1 = \frac{U_б^2}{R1} \cdot \frac{t_з}{T} \cdot [1 - \frac{1}{2a} \cdot (e^{-a} - 3) \cdot (e^{-a} - 1)].$$

2.2.2. Второй этап. Размыкание контактов прерывателя.

После окончания процесса накопления, в момент зажигания, контакты прерывателя размыкают цепь и тем самым прерывают первичный ток. В этот момент магнитное поле исчезает и в первичной и вторичной обмотках катушки индуцируется напряжение. По закону индукции напряжение, индуцируемое во вторичной обмотке, тем выше, чем больше коэффициент трансформации и величина первичного тока в момент его прерывания.

При выводе расчетных формул для подсчета первичного и вторичного напряжений, воспользуемся упрощенной схемой замещения, приведенной на рис. 2.4.

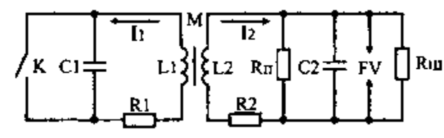


Рис. 2.4. Упрощенная схема замещения классической системы зажигания после размыкания контактов прерывателя.

Согласно схеме замещения, имеем два магнитосвязанных контура, каждый из которых содержит емкость (C1, C2), индуктивность (L1, L2), эквивалентное сопротивление (R1, R2). Во вторичный контур включены шунтирующее сопротивление Rш и сопротивление потерь Rп, имитирующие утечки тока на свече и магнитные потери.

В момент размыкания контактов прерывателя электромагнитная энергия, запасенная в катушке, преобразуется в энергию электрического поля конденсаторов C1 и C2 и частично превращается в тепло. Величину максимального вторичного напряжения можно получить из уравнения электрического баланса в контурах первичной и вторичной цепей, пренебрегая потерями в них:

$$\frac{L1 \cdot Ip}{2} = \frac{C1 \cdot U^2 1m}{2} + \frac{C2 \cdot U^2 2m}{2},$$

где $U1m$, $U2m$ соответственно максимальные значения первичного и вторичного напряжения.

Заменяя $U1m = \frac{W1}{W2} \cdot U2m$, где W1 и W2 число витков первичной и вторичной обмоток катушки зажигания, получим аналитическое выражение для расчета максимальной величины вторичного напряжения:

$$U2m \cong Ip \cdot \sqrt{\frac{L1}{C1 \cdot (\frac{W1}{W2})^2 + C2}}.$$

Это выражение не учитывает потери энергии в сопротивлении нагара, шунтирующего искровой промежуток свечи, магнитные потери в стали, электрические потери в искровом промежутке распределителя и в дуге на контактах прерывателя. Указанные потери приводят к снижению величины вторичного напряжения. На практике для учета потерь в контурах вводят в виде множителя коэффициент η, выражающий уменьшение максимума напряжения из-за потерь энергии:

$$U2m \cong Ip \cdot \frac{W2}{W1} \cdot \sqrt{\frac{L1}{C1 + C2 \cdot (\frac{W2}{W1})^2}} \cdot \eta,$$

где W1/W2 - коэффициент трансформации катушки зажигания; η - коэффициент затухания, величина которого для контактных систем составляет 0,75 ÷ 0,85.

Изменение первичного тока I1 и вторичного напряжения U2 в процессе работы прерывателя показано на рис. 2.5. При размыкании контактов прерывателя, первичный ток I1 совершает несколько периодов затухающих колебаний (рис. 2.5-а) до тех пор, пока энергия, запасенная в магнитном поле катушки, не израсходуется на джоулево тепло в сопротивлении R1 контура. Если искровой промежуток вторичной цепи сделать настолько большим, чтобы пробоя не произошло (режим холостого хода или открытой цепи), то вторичное напряжение U2, также как первичный ток, совершит несколько затухающих колебаний (рис. 2.5-б).

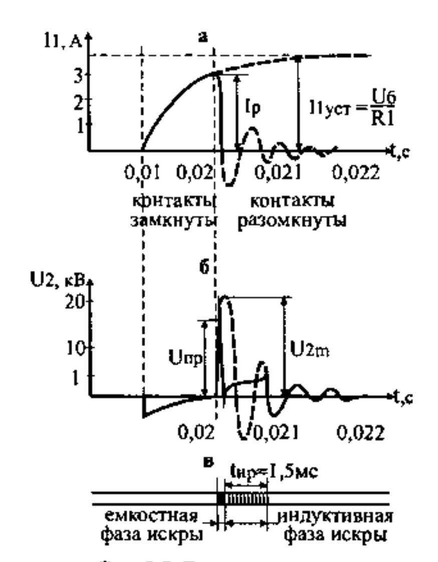


Рис. 2.5. Переходные процессы в системе зажигания.

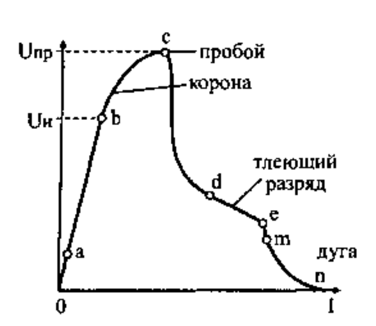


Рис. 2.6. Вольт-амперная характеристика разряда в воздушном промежутке.

2.2.3 Третий этап. Пробой искрового промежутка.

Для зажигания рабочей смеси электрическим способом необходимо образование электрического разряда между двумя электродами свечи, которые находятся в камере сгорания. Протекание электрического разряда в газовом промежутке может быть представлено вольтамперной характеристикой (рис. 2.6).

Участок 0-a-b соответствует несамостоятельному разряду. Напряжение возрастает, ток остается практически неизменным и по величине ничтожно мал. При дальнейшем увеличении напряжения, скорость движения ионов по направлению к электродам увеличивается. При начальном напряжении Uн начинается ударная ионизация, т. е. такой разряд, который, однажды возникнув, не требует для своего поддержания воздействия постороннего ионизатора. Если поле равномерное, то процесс поляризации сразу перерастает в пробой газового промежутка. Если поле неравномерное, то вначале возникает местный пробой газа около электродов в местах с наибольшей напряженностью электрического поля, достигшей критического значения. Этот тип разряда называется короной и соответствует устойчивой части вольтамперной характеристики b-c. При дальнейшем повышении напряжения, корона захватывает новые области межэлектродного пространства, пока не произойдет пробой (точка с), когда между электродами проскакивает искра. Это происходит при достижении напряжением величины пробивного напряжения Uпр.

Проскочившая искра создает между электродами сильно нагретый ионизированный канал. Температура в канале разряда радиусом 0,2 + 0,6 мм превышает 10 000 °К. Сопротивление канала зависит от величины протекающего по нему тока.

Дальнейшее протекание процесса зависит от параметров газового промежутка, цепи источника энергии. Может иметь место или тлеющий разряд (участок d - e), когда токи малы, или дуговой разряд (участок m - n), когда токи велики вследствие большой мощности источника тока и малого сопротивления цепи. Оба эти разряда являются самостоятельными разрядами и соответствуют устойчивым участкам вольтамперной характеристики. Тлеющий разряд характеризуется токами от 10^{-5} до 10^{-1}А и практически неизменным напряжением разряда. Дуговой разряд характеризуется значительными токами при относительно низких напряжениях на электродах.

На втором этапе был рассмотрен процесс формирования вторичного напряжения при отсутствии электрического разряда в свече. В действительности Uпр ниже U2m, развиваемого системой зажигания, и поэтому, как только возрастающее напряжение достигает величины Uпр, в свече происходит искровой разряд, и колебательный процесс обрывается (рис. 2.5-б).

Электрический разряд имеет две составляющие: емкостную и индуктивную. Емкостная составляющая искрового разряда представляет собой разряд энергии, накопленной во вторичной цепи, обусловленный ее емкостью С2. Емкостный разряд характеризуется резким падением напряжения и резкими всплесками токов, по своей величине достигающих десятков ампер (рис. 2.5-в).

Несмотря на незначительную энергию емкостной искры, мощность, развиваемая искрой, благодаря кратковременности процесса (около 1 мкс), может достигать десятков и даже сотен киловатт. Емкостная искра имеет яркий голубоватый цвет и сопровождается специфическим треском.

Высокочастотные колебания ($10^6 \div 10^7$ Гц) и большой ток емкостного разряда вызывают сильные радиопомехи и эрозию электродов свечи. Для уменьшения эрозии электродов свечи (а в неэкранированных системах и для уменьшения радиопомех) во вторичную цепь (в крышку распределителя, в бегунок, в наконечники свечи, в провода) включается помехоподавляющий резистор. Поскольку искровой разряд происходит раньше, чем вторичное напряжение достигает своего максимального значения U2m, а именно при напряжении Uпр, на емкостный разряд расходуется лишь небольшая часть магнитной энергии, накопленной в сердечнике катушки зажигания.

Оставшаяся часть энергии выделяется в виде индуктивного разряда. При условиях, свойственных работе распределителей и разрядников, и при обычных параметрах катушек зажигания, индуктивный разряд всегда происходит на устойчивой части вольтамперной характеристики, соответствующей тлеющему разряду. Ток индуктивной части разряда составляет $20 \div 40$ мА. Напряжение между электродами свечи сильно понижается и слагается в основном из катодного падения напряжения Uк и падения напряжения в положительном столбце Eδ:

$$U_{пр} = U_к + E \cdot \delta,$$

где E - напряженность поля в положительном столбе (E ≅ 100 В/мм); δ - расстояние между электродами:

$$U_к = 220 \div 330 \text{ В}.$$

Продолжительность индуктивной составляющей разряда на $2 \div 3$ порядка выше емкостной и достигает, в зависимости от типа катушки зажигания, величины зазора между электродами свечи и режима работы двигателя (пробивного напряжения) $1 \div 1{,}5$ мс. Искра имеет бледный фиолетово-желтый цвет. Эта часть разряда получила название хвоста искры.

За время индуктивного разряда в искровом промежутке свечи выделяется энергия, величина которой может быть определена аналитически:

$$W_{ир} = \int_0^{t_{ир}} U_{пр} \cdot I_2(t) \cdot \delta \cdot t.$$

На практике широко используется приближенная формула для подсчета энергии искрового разряда:

$$W_{ир} = 0{,}5 \cdot U_{ир} \cdot I_{ир} \cdot t_{ир}.$$

Расчеты и эксперименты показывают, что при низких частотах вращения двигателя энергия индуктивного разряда Wир для обычных классических автомобильных систем зажигания составляет $15 \div 20$ мДж.

2.3. ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛАССИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ

2.3.1. Максимальное вторичное напряжение, развиваемое системой зажигания

Аналитические выражения для вторичного напряжения, приведенные выше, показывают, что величина U2m зависит от величины тока разрыва Iр и, следовательно, определяется режимом работы и типом двигателя (n и z), работой прерывателя (tз или τз), параметрами первичной цепи (L1, R1, C1, Uб), а также зависит от параметров вторичного контура и внешней нагрузки (C2, W2/W1, Rш, Cш).

Зависимость U2m от частоты вращения и числа цилиндров двигателя. Время замкнутого состояния контактов: $t_з = \alpha / 6n$,

где α - угол замкнутого состояния контактов; n - частота вращения валика распределителя.

Из выражения видно, что с возрастанием частоты вращения время tз уменьшается и ток разрыва становится меньше. Уменьшение тока разрыва влечет за собой снижение величины U2m. Увеличение числа цилиндров двигателя при всех прочих равных условиях и параметрах системы зажигания также уменьшает время замкнутого состояния контактов tз и снижает вторичное напряжение.

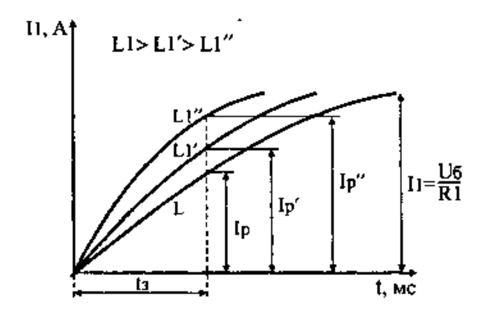


Рис. 2.7. Кривые нарастания первичного тока при различных значениях индуктивности первичной цепи.

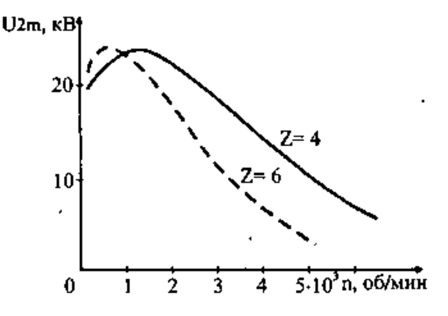


Рис. 2.8. Типовые рабочие характеристики классической системы зажигания для 4^х и 6^ти-цилиндровых двигателей.

На рис.2.8 приведены характеристики максимального вторичного напряжения и тока разрыва в функции частоты вращения коленчатого вала двигателя и числа цилиндров двигателя. Характеристики носят монотонный убывающий характер, причем закон убывания жестко детерминирован параметрами первичной цепи ($\tau_1 = L1/R1$) и величиной угла замкнутого состояния контактов.

Уменьшение величины U2m на низких частотах вращения связано с дугообразованием на контактах прерывателя.

Увеличения тока разрыва можно добиться за счет увеличения угла замкнутого состояния контактов, что достигается соответствующим профилированием кулачка. Однако по механическим соображениям увеличить время замкнутого состояния контактов прерывателя больше чем до 60 ÷ 65 % времени полного периода ($\tau_з = 0{,}60 \div 0{,}65$) практически невозможно.

На некоторых зарубежных двигателях применяют две независимые схемы с двумя прерывателями и катушкой, работающими на один распределитель. При этом относительная замкнутость может достигать 0,85.

Величина первичного тока и скорость его нарастания зависят от постоянной времени первичного контура $\tau_1 = L1/R1$ (рис. 2.7). Чем меньше эта величина, тем быстрее нарастает ток до установившегося значения. Скорость нарастания тока обратно пропорциональна индуктивности L1.

$$\frac{dI_1}{dt} = \frac{U_б}{L1} \cdot e^{-\frac{R1}{L1} \cdot t}, \text{ и при } t = 0, \left(\frac{dI_1}{dt}\right)_{t=0} = \frac{U_б}{L1}$$

Однако уменьшение индуктивности целесообразно лишь до определенного значения, ниже которого начинает уменьшаться запас электромагнитной энергии, определяющий величину вторичного напряжения. Уменьшение индуктивности также сильно уменьшает значение вторичного напряжения при низких частотах, вследствие чего ухудшаются условия пуска.

При неизменной индуктивности первичной цепи величина тока разрыва увеличивается с уменьшением сопротивления R1, так как увеличивается установившееся значение тока. При различных значениях сопротивления первичной цепи скорость нарастания тока в начальный момент одинакова, т. е. $dI_1/dt = U_б/L1$. Однако чем меньше сопротивление R1, тем выше идет кривая тока (рис. 2.9).

Таким образом, для увеличения максимального вторичного напряжения необходимо уменьшать сопротивление первичной цепи. Однако чрезмерное уменьшение R1, приводит к увеличению установившегося тока, что ухудшает работу контактов при низких частотах вращения и приводит к перегреву катушки.

Зависимость U2m от величины емкости первичного конденсатора C1. С уменьшением емкости конденсатора C1 вторичное напряжение должно увеличиваться и при C1 = 0 оно достигает максимального значения. Такой характер изменения U2m имеет место лишь при больших значениях C1. В диапазоне малых емкостей по мере их уменьшения вторичное напряжение также уменьшается. Это явление объясняется тем, что при малой величине емкости не устраняется дугообразование на контактах, вызывающее значительные потери энергии. Характер зависимости вторичного напряжения от емкости конденсатора первичной цепи (рис. 2.10) показывает, что существует оптимальное значение C1, определяемое условиями гашения дуги на контактах. На практике C1 выбирается в пределах 0,15 ÷ 0,35 мкФ.

Зависимость U2m от величины вторичной емкости. Значение максимального вторичного напряжения также зависит от емкости вторичной цепи. Величина С2 зависит от длины и расположения высоковольтных проводов, от емкости свечи зажигания, собственной емкости вторичной обмотки катушки зажигания и практически не может быть меньше 40 ÷ 75 пкФ. В случае экранирования системы зажигания емкость вторичной цепи увеличивается до 150 пкФ. Следовательно, экранирование, применяемое для существенного снижения радиопомех, значительно уменьшает значение вторичного напряжения.

Зависимость U2m от величины шунтирующего сопротивления. В процессе работы двигателя изолятор свечи нередко покрывается нагаром, который создает проводящий мостик между электродами свечи. Этот проводящий слой нагара можно представить в виде резистора Rш, шунтирующего воздушный зазор. В результате наличия Rш нарастающее после размыкания контактов вторичное напряжение создает во вторичной цепи ток, называемый током утечки, который, циркулируя во вторичной цепи до пробоя искрового промежутка, вызывает падение напряжения во вторичной обмотке и уменьшение подводимого к свече напряжения.

При малой величине шунтирующего сопротивления ток утечки возрастает и вторичное напряжение может понизиться до величины, меньшей пробивного напряжения, т. е. искра не возникнет.

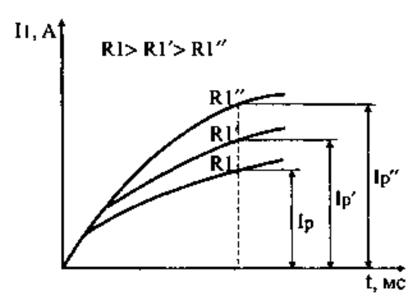


Рис. 2.9. Кривые нарастания первичного тока при различных значениях сопротивления первичной цепи.

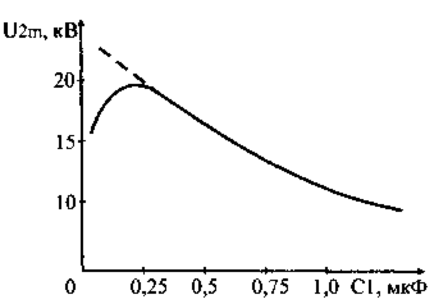


Рис. 2.10. Зависимость вторичного напряжения от емкости конденсатора в первичной цепи.

Зависимость U2m от коэффициента трансформации. В случае отсутствия утечек величина U2m при прочих равных параметрах возрастает с увеличением коэффициента трансформации катушки W2/W1, стремясь к своему пределу:

$$U2m = Ip \cdot \sqrt{\frac{L1}{C2}}.$$

При бесконечно большом сопротивлении нагара вся электромагнитная энергия трансформируется в электростатическую энергию вторичной цепи. Однако если Rш ≠ ∞, то каждому значению шунтирующего сопротивления соответствует оптимальный коэффициент трансформации, при котором напряжение вторичной цепи максимально (рис. 2.11). Оптимальным для существующих систем зажигания при индуктивности первичной обмотки 6,5 ÷ 9,5 мГн является отношение W2/W1 = 55 ÷ 95.

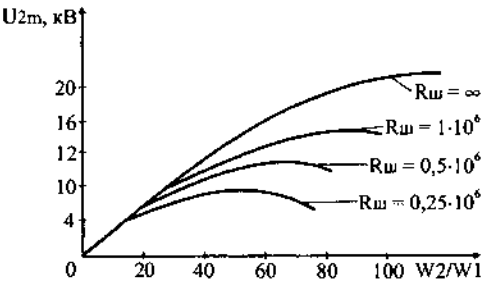


Рис. 2.11. Зависимость вторичного напряжения от коэффициента трансформации катушки зажигания

2.3.2. Энергия искрового разряда

Энергия искрового разряда может быть представлена в виде:

$$W_{ир} = \frac{L1 \cdot I_p}{2} \cdot \eta_э,$$

где $\eta_э$ - коэффициент передачи запасенной энергии в энергию искры.

Коэффициент передачи энергии $\eta_э$, в основном определяется степенью магнитной связи между первичной и вторичной обмотками катушки зажигания. В рамках традиционной конструкции цилиндрической катушки с аксиально расположенными первичной и вторичной обмотками и разомкнутым магнитопроводом коэффициент $\eta_э$, составляет 0,35 ÷ 0,45.

Из выше приведенного выражения следует, что увеличение энергетического уровня искрового разряда сводится к необходимости повышения индуктивности L1 катушки зажигания, либо тока разрыва I_p.

Для классических систем зажигания величина тока разрыва I_p ограничивается пределом 3,5 ÷ 4,0 А. Превышение этого предела приводит к резкому снижению ресурса контактов.

Увеличение частоты вращения двигателя приводит к снижению энергии искрового разряда вследствие уменьшения тока разрыва, а значит, и запаса электромагнитной энергии в первичной цепи.

Увеличение индуктивности L1 ограничивается условием обеспечения бесперебойного искрообразования на максимальных частотах вращения:

$$L1 \div -\frac{U_б}{I_{1уст}} \cdot \frac{120 \cdot \tau_з}{n_{max} \cdot z} \cdot \frac{1}{\ln \cdot \left[1 - \frac{(U_{2m})_{n_{max}}}{(U_{2m})_{n_{min}}}\right]},$$

где n_{max} - максимальная частота вращения двигателя; $(U_{2m})_{n_{max}}$ - необходимый уровень максимального вторичного напряжения на максимальной частоте вращения; $(U_{2m})_{n_{min}}$ - тоже на минимальной частоте вращения.

2.4. Недостатки классической системы зажигания

Классическая система зажигания обладает рядом достоинств, к которым следует отнести простоту конструкции и невысокую стоимость аппаратов зажигания, возможность регулирования угла опережения зажигания в широких пределах без изменения величины вторичного напряжения.

Вместе с тем классическая система зажигания имеет ряд принципиальных недостатков, связанных с работой механического прерывателя и механических автоматов опережения зажигания:

- недостаточная величина вторичного напряжения на высоких и низких частотах вращения коленчатого вала двигателя и, как следствие, малый коэффициент запаса по вторичному напряжению, особенно для многоцилиндровых и высокооборотных двигателей, а также при экранировке высоковольтных проводов;
- недостаточная энергия искрового разряда по причине ограничения уровня запасенной энергии в первичной цепи;
- чрезмерный нагрев катушки зажигания в зоне низких частот вращения коленчатого вала двигателя и особенно при остановившемся двигателе, если замок зажигания включен и контакты прерывателя замкнуты;
- нарушение рабочего зазора в контактах в процессе эксплуатации и, как следствие этого, необходимость зачистки контактов, т. е. систематический уход во время эксплуатации; низкий срок службы контактов прерывателя;
- повышенный асинхронизм момента искрообразования по цилиндрам двигателя при эксплуатации вследствие износа кулачка;
- высокая погрешность момента искрообразования вследствие разброса характеристик механических автоматов опережения в процессе эксплуатации.

Перечисленные недостатки классической системы зажигания приводят в итоге к ухудшению процесса сгорания рабочей смеси, а следовательно, к потере мощности двигателя и увеличению эмиссии отработавших газов.

3. СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ЗАЖИГАНИЯ

Системы зажигания сравнивают по следующим характеристикам:
зависимости вторичного напряжения U2 от частоты разрядов f; потребляемой мощности; продолжительности искрового разряда; скорости нарастания высокого напряжения, определяющей чувствительность системы зажигания к шунтированию искрового промежутка свечи; надежности системы; потребности в обслуживании; наличию в выхлопных газах токсичных веществ.

Наибольшее значение из приведенных характеристик имеет зависимость вторичного напряжения U2 от частоты разрядов f. Частота разрядов пропорциональна частоте вращения n и числу цилиндров двигателя z:

$$f = \frac{n \cdot z}{\tau \cdot 60},$$

где τ равно 2 - для 4*-тактных двигателей и 1 - для 2*-тактных.

Наибольшее снижение напряжения (рис. 3.1 - кривая 3) при увеличении частоты искрообразования происходит в контактной батарейной системе зажигания из-за уменьшения тока разрыва в первичной обмотке катушки зажигания. В этой системе при пуске двигателя также понижается вторичное напряжение. Максимальная частота разрядов контактной батарейной системы зажигания 300 искр в секунду.

Электронные (контактно-транзисторные) системы зажигания вследствие четкого разрыва увеличенного тока первичной цепи развивают более высокое вторичное напряжение и повышенную бесперебойную частоту разрядов - 350 искр в секунду.

У тиристорных систем зажигания вторичное напряжение не зависит от частоты разрядов, так как накопительный конденсатор успевает зарядиться до максимального (расчетного) напряжения (частота разрядов порядка 600 искр в секунду).

Шунтирование искрового промежутка свечи, вследствие загрязнений и нагара на изоляторе приводит к снижению вторичного напряжения. Наиболее устойчивой к шунтированию искрового промежутка является тиристорная система зажигания (рис. 3.2- кривая 1) благодаря быстрому нарастанию вторичного напряжения (рис. 3.3, кривая 1). Больше всех теряет напряжения при шунтировании искрового промежутка контактная батарейная система (рис. 3.2- кривая 3).

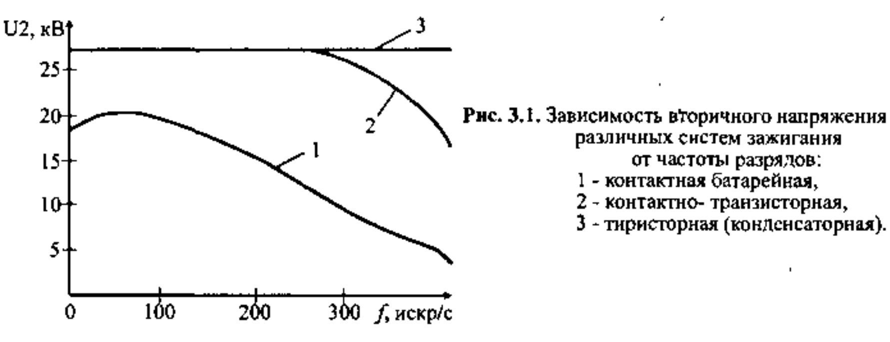


Рис. 3.1. Зависимость вторичного напряжения различных систем зажигания от частоты разрядов:
1 - контактная батарейная,
2 - контактно- транзисторная,
3 - тиристорная (конденсаторная).

Мощность, потребляемая различными системами зажигания, неодинакова, причем с изменением частоты вращения она не остается постоянной. Наибольшую мощность потребляет контактно - транзисторная система зажигания (около 60 Вт) на пусковой частоте вращения, а при максимальной частоте вращения она снижается до 40 Вт. Контактная батарейная система зажигания снижает потребляемую мощность с 18 ÷ 20 Вт при пусковой частоте до 7 ÷ 9 Вт при максимальной частоте вращения. Уменьшение потребляемой мощности названными системами происходит вследствие снижения тока разрыва с увеличением частоты вращения.

Тиристорная система с многоимпульсной зарядкой конденсатора увеличивает потребляемую мощность с 4 Вт при пуске до 28 Вт при максимальной частоте вращения, а тиристорная система зажигания с одноимпульсной зарядкой расходует мощность соответственно 22 и 28 Вт. В тиристорных системах зажигания энергия, накапливаемая в конденсаторе на всем диапазоне частот вращения, остается постоянной, но с увеличением частоты вращения число зарядов и разрядов конденсатора в единицу времени возрастает. Поэтому и потребляемая мощность растет.

Наиболее трудоемка в обслуживании контактная батарейная система зажигания.

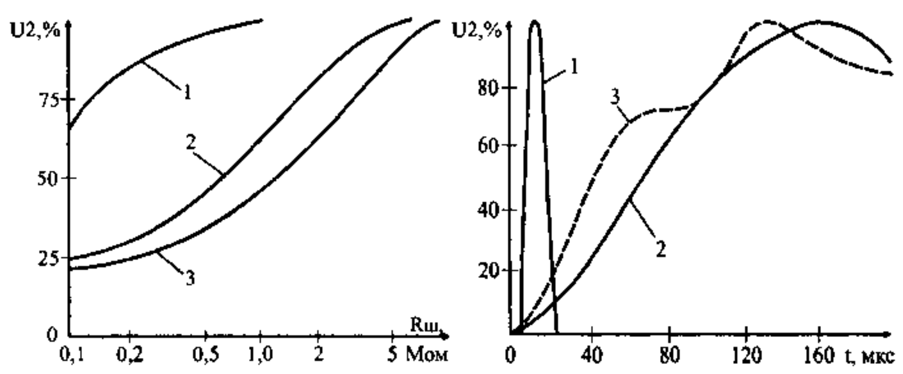


Рис.3.2. Процентное изменение U2 от шунтирующего сопротиления искрового промежутка свечи

Рис.3.3. Рост вторичного напряжения (в сравнении с типовым значением первой полуволны) в различных системах зажигания:

1- тиристорная; 2- контактно-транзисторная; 3- классическая батарейная.

Неисправности в ней возникают примерно через 10 000 км.

Продолжительность искрового разряда между электродами свечи характеризует его энергию и оказывает существенное влияние на полноту сгорания рабочей смеси, а следовательно, и на состав выхлопных газов. Допустимое время разряда считается от 1,2 до 1,6 мс. При времени разряда меньше 1,2 мс ухудшается пуск двигателя, а при длительности разряда более 1,6 мс возрастает электрическая эрозия электродов свечи. Чем больше искровой промежуток между электродами свечи, тем меньше длительность разряда. Напряжение, подводимое к первичной обмотке КЗ конденсаторных систем зажигания, должно находиться в пределах 290 + 400 В, так как вторичное высокое напряжение связано с напряжением в первичной обмотке через коэффициент трансформации катушки и при отклонении первичного напряжения ниже 290 В зажигание будет не надежным, а при отклонении выше 400 В может быть пробита изоляция обмотки катушки зажигания или крышка распределения.

4. ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ

Одним из путей повышения развиваемого СЗ вторичного напряжения является применение полупроводниковых приборов, работающих в качестве управляемых ключей, служащих для прерывания тока в первичной обмотке КЗ. Наиболее широкое использование в качестве полупроводниковых реле нашли мощные транзисторы, способные коммутировать токи амплитудой 10 А и выше в индуктивной нагрузке без какого-либо искрения и механического повреждения, характерных для контактов прерывателя. Функцию электронного реле могут выполнять также и силовые тиристоры.

4.1. КОНТАКТНО-ТРАНЗИСТОРНАЯ СИСТЕМА ЗАЖИГАНИЯ

Принципиальная схема контактно-транзисторной СЗ (рис. 4.1) в основном состоит из тех же элементов, которые характерны для обычной контактной системы, и отличаются от нее наличием транзистора и отсутствием конденсатора, ранее шунтировавшего контакты прерывателя.

Как видно из схемы, контакты прерывателя коммутируют только незначительный ток управления транзистором Iб, при этом ток силовой цепи (ток разрыва) коммутируется транзистором. Таким образом, применение транзистора в системе зажигания позволило принципиально устранить основной недостаток классической СЗ. Величина тока разрыва уже не ограничивается стойкостью контактов прерывателя, а зависит лишь от параметров транзистора.
По конструктивному исполнению контактно-транзисторные системы различны и могут содержать от одного до нескольких полупроводниковых усилительных элементов. Таким образом, в системах с транзисторным управлением режим работы контактов прерывателя значительно облегчен, и поэтому их срок службы больше. Однако этим системам попрежнему присущи недостатки классической системы зажигания (механический износ контактов прерывателя, ограниченный скоростной режим из-за вибрации контактов и так далее).

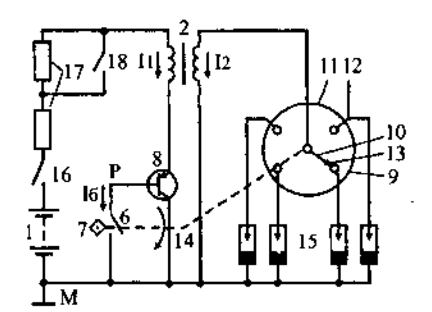


Рис. 4.1. Принципиальная схема КТСЗ. 8 - транзистор, остальные обозначения соответствуют схеме классической системы зажигания (Рис. 2.1).

4.1.1. Особенности рабочего процесса транзисторной системы зажигания

Первый этап - отпирание транзистора.

После подачи тока управления на базу выходного транзистора, последний отпирается и через проводящий участок коллектор - эмиттер подключает первичную обмотку КЗ к источнику постоянного тока. Начинается процесс нарастания первичного тока и запасания энергии в магнитном поле КЗ. Первичный ток нарастает по экспоненциальному закону:

$$I_1 = \frac{U_б - U_{кэ\,нас}}{R_1} \cdot \left(1 - e^{-\frac{R_1}{L_1} \cdot t}\right),$$

где $U_{кэ\,нас}$ - падение напряжения на участке коллектор - эмиттер насыщенного транзистора. Обычно составляет 0,5 ÷ 0,7 В для германиевых и 1 ÷ 1,5 для кремниевых транзисторов.

Величина тока разрыва I_p в момент выключения выходного транзистора зависит от параметров первичной цепи КЗ, R_1 и L_1, и от времени его включенного состояния:

$$I_p = \frac{U_б - U_{кэ\,нас}}{R_1} \cdot \left(1 - e^{-\frac{R_1}{L_1} \cdot t_н}\right).$$

Для контактно-транзисторной системы и бесконтактной системы зажигания с постоянным углом накопления энергии аналитичеаское выражение тока разрыва примет вид:

$$I_p = \frac{U_б - U_{кэ\,нас}}{R_1} \cdot \left(1 - e^{-\frac{R_1}{L_1} \cdot \frac{\tau_з \cdot 120}{z \cdot n}}\right).$$

В системах зажигания с нормированием времени накопления энергии величина тока разрыва определяется амплитудой тока ограничения, если $t_н \geq t_{н\,min}$, где $t_{н\,min}$ - время нарастания первичного тока до амплитудного значения тока ограничения. При $t_н < t_{н\,min}$ величина тока разрыва I_p.может бытьопределена из выше приведенного выражения.

Второй этап - запирание и отсечка транзистора.

Характерной особенностью переходных процессов в транзисторной системе зажигания является их зависимость от электрических характеристик и инерционных свойств транзистора. Процессы запирания и отсечки (полное запирание) транзистора могут влиять на вторичное напряжение катушки зажигания. В зависимости от характера нагрузки транзистора (активная,емкостная,индуктивная или смешанная) движение его рабочей точки в процессе запирания имеет различный характер. Рабочая точка характеризует изменение мгновенного значения тока коллектора $I_к$ и напряжение $U_{кэ}$ транзистора.

После запирания транзистор переходит в режим отсечки, начинается процесс обмена энергии между магнитным и электрическим полями катушки зажигания и в первичной обмотке возникают затухающие колебания с максимальной амплитудой U_{1m}.

Потери энергии в транзисторе приводят к снижению рабочих и пусковых характеристик катушки зажигания и определяются из выражения:

$$W_{тр} = W_{тр\,э} + W_{тр\,к} = \int_0^{t_{сп}} U_{бэ}(i) \cdot I_б(u) \cdot dt + \int_0^{t_{сп}} U_{кб}(i) \cdot I_к(u) \cdot dt \approx \int_0^{t_{сп}} U_{кэ}(i) \cdot I_э(u) \cdot dt,$$

где $W_{тр\,э}$ и $W_{тр\,к}$ - энергия, рассиваемая соответственно на эмиттерном и коллекторном переходах транзистора в режиме запирания; u, i - мгновенное значение напряжения и тока в режиме запирания транзистора; $t_{сп}$ - время, за которое соответствующий ток (базы, коллектора или эмиттера) изменяется от $I = I_p$ до $I = 0$.

Для $I_к$ и $I_э$ время $t_{сп}$ - характеризует длительность запирания транзистора.

Процессы, происходящие в первичной и вторичной цепях, обычно рассматриваются в предположении, что за время запирания транзистора потери энергии в нем не превышают 2 ÷ 6%

энергии, запасенной в магнитном поле катушки зажигания. Пренебрегая этими потерями, транзистор можно считать идеальным коммутирующим ключом.

При таком условии и отсутствии цепи защиты транзистора, рабочие процессы в первичной и вторичной цепях протекают аналогично процессам в классической батарейной системе.

Однако следует иметь в виду, что преимущества транзисторной СЗ могут быть реализованы лишь при применении специальной КЗ, имеющей низкоомную первичную обмотку, с малой индуктивностью и большой коэффициент трансформации. В этом случае необходимые энергия искрообразования, вторичное напряжение достигаются соответствующим увеличением тока разрыва и коэффициентом трансформации.

Применять же транзисторную СЗ с обыкновенной катушкой нецелесообразно, т. к. при этом, кроме увеличения срока службы контактов прерывателя, никаких преимуществ получить не удается. Более того, в результате неизбежного падения напряжения на транзисторе общая энергия искрообразования уменьшится.

4.2. ТИРИСТОРНАЯ (КОНДЕНСАТОРНАЯ) СИСТЕМА ЗАЖИГАНИЯ

В тиристорных системах зажигания энергия для искрового разряда накапливается в конденсаторе, поэтому их часто называют конденсаторными. В момент искрообразования конденсатор разряжается через тиристор и первичную обмотку катушки зажигания, и во вторичной обмотке индуктируется высокое напряжение.

Энергия Wc, накапливаемая в конденсаторе C1, зависит от его емкости и напряжения в квадрате (U^2), подводимого к конденсатору: $Wc = C \cdot U^2/2$.

Поэтому конденсатор заряжают до напряжения 300 ÷ 400 В от бортовой сети 12 ÷ 14 В, или другого источника повышенного напряжения через преобразователь напряжения **П** и выпрямитель **В** (рис. 4.2).

Время полного заряда накопительного конденсатора значительно меньше времени накопления энергии в индуктивности и может быть доведено до 2 мс. Оно зависит от мощности и выходного сопротивления преобразователя и емкости накопительного конденсатора. Время заряда конденсатора рассчитывается так, чтобы к моменту подачи следующей искры он был полностью заряжен. Это обеспечивает энергию искры постоянной во всем диапазоне частот искрообразования. Тиристоры менее чувствительны к повышенному напряжению, чем транзисторы. Тиристорные системы зажигания могут работать с катушкой контактной системы батарейного зажигания, максимальная величина ЭДС самоиндукции которой примерно соответствует зарядному напряжению накопительного конденсатора. Конденсатор прерывателя не влияет на работу тиристорной системы. Это позволяет в случае отказа ее быстро перейти на батарейную систему.

Высокое напряжение тиристорной системы зажигания нарастает примерно в десять раз быстрее, чем в батарейной и контактно - транзисторной системах. Поэтому оно обеспечивает пробой искрового промежутка в свечах с загрязненными, покрытыми нагаром изоляторами. Но продолжительность разряда в искровом промежутке значительно меньше (около 300 мкс), чем в системах с накоплением энергии в индуктивности (около 1 мс), так как частота колебаний контура накопительный конденсатор - первичная обмотка в тиристорной системе значительно выше.

Тиристорные системы зажигания по принципу действия делят на две группы: с импульсным непрерывным (многоимпульсным) и одноимпульсным накоплением энергии в емкости.

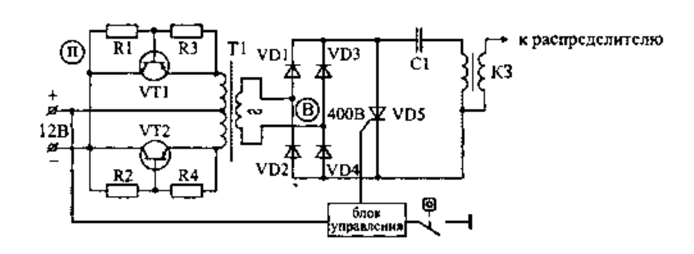


Рис. 4.2. Принципиальная схема тиристорной системы зажигания с непрерывным накоплением энергии.

В импульсных системах конденсатор заряжается одним импульсом прямоугольной формы до конечного напряжения, а затем наступает пауза до момента его разряда. В схемах с непрерывным накоплением энергии конденсатор заряжается многочисленными прерывистыми импульсами напряжения.

Системы с импульсным накоплением позволяют простыми средствами стабилизировать напряжение заряда накопительного конденсатора, т. е. сделать его независящим от изменений напряжения питания и других дестабилизирующих факторов. Однако при малой пусковой частоте вращения вала двигателя в этих системах, вследствие увеличения времени паузы, накопительный конденсатор к моменту искрообразования успевает несколько разрядиться, и напряжение искрообразования уменьшается. Это налагает жесткие требования на значения токов утечки в элементах вторичной цепи - тиристоре, накопительном конденсаторе, выпрямительном диоде и является недостатком систем с импульсным накоплением.

Системы с непрерывным накоплением энергии свободны от указанного недостатка. Эти системы практически нечувствительны к утечкам в элементах вторичной цепи и обеспечивают независимость напряжения искрообразования от частоты вращения вала двигателя.

Принципиальная схема тиристорной системы зажигания с непрерывным накоплением энергии приведена на рис. 4.2.

Она включает в себя преобразователь **П** постоянного напряжения 12 ÷ 15 В в переменное 300 ÷ 400 В с частотой около 500 Гц, выпрямитель переменного напряжения **В**, тиристор VD5, накопительный конденсатор C1, блок управления и катушку зажигания КЗ.

В качестве преобразователя напряжения может быть использован приведенный на схеме двухтактный преобразователь с самовозбуждением к трансформаторной связью, собранный по схеме с общим коллектором на транзисторах VT1, VT2, резисторах R1, R2, R3, R4 и трансформаторе T1.

При включении зажигания напряжение бортовой сети подводится к средней точке обмотки трансформатора и коллекторам транзисторов. Возникает ток в двух параллельных цепях, который течет от средней точки трансформатора через его верхнюю половину, резисторы R1, R3, транзистор VT1 и через нижнюю половину трансформатора, резисторы R2, R4, транзистор VT2. Вследствие разброса параметров транзисторов и резисторов ток в одной половине трансформатора (допустим, верхней) пойдет несколько больший, чем во второй (нижней). Это вызывает ускоренное отпирание одного транзистора (VT1) и запирание второго (VT2). В таком состоянии транзисторы находятся, пока магнитный поток в сердечнике трансформатора не достигнет насыщения. Происходящее при этом резкое замедление нарастания тока вызывает в обмотках трансформатора ЭДС противоположной полярности, которая переключает транзисторы: запирает VT1 и отпирает VT2. Транзисторы переключаются с частотой около 500 Гц, меняя направление тока в обмотке трансформатора, и на выходе трансформатора появляется переменное напряжение порядка 350 ÷ 400 В. Двухполупериодный выпрямитель на диодах VD2 ÷ VD4 преобразует переменное напряжение в постоянное, которым заряжается конденсатор C1. В момент искрообразования по сигналу контактного или бесконтактного датчика с блока управления подается положительный импульс на управляющий электрод тиристора VD5. Тиристор открывается и конденсатор разряжается через первичную обмотку катушки зажигания, а во вторичной обмотке индуктируется высокое напряжение.

Рассмотрим подробнее основные этапы работы системы: заряд накопительного конденсатора после переключения ключа VD5 в положение 1 (этап 1, рис.4.3-а) и процессы, происходящие после размыкания контактов прерывателя и переключения коммутатора VD5 в положение 2 (этап 2, рис. 4.3-б).

Этап 1. Согласно схеме замещения (рис. 4.3-а) цепь, состоящая из накопительного конденсатора C1, резистора $R_{вн}$, сопротивление которого равно внутреннему сопротивлению преобразователя, и резистора $R_{ут}$, сопротивление которого равно результирующему сопротивлению утечки во вторичной цепи, с помощью коммутатора VD5 подключается к источнику постоянного напряжения $U_в$, которым является преобразователь.

Напряжение на конденсаторе возрастает по экспоненциальному закону:

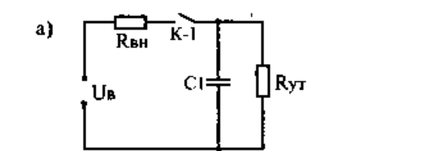
$$U_{C1} = U_в \cdot \frac{R_{ут}}{R_{вн} + R_{ут}} \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}),$$

где $\tau = \frac{R_{ут} \cdot R_{вн}}{R_{вн} + R_{ут}} \cdot C1$ - постоянная времени цепи заряда конденсатора.

Как правило, $R_{ут} \geq R_{вн}$ (в противном случае, как будет показано ниже, система вообще не работоспособна), и напряжение на накопительном конденсаторе через время $t = 3\tau = 3R_{вн} \cdot C1$ практически достигает установившегося значения $U_в$.

Энергия, запасенная в электрическом поле конденсатора, при этом равна:

$$W_{C1} = C1 \cdot U_в^2 / 2.$$



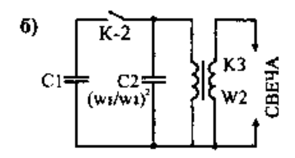


Рис. 4. 3. Схема замещения тиристорной СЗ с непрерывным накоплением энергии для: а - первого этапа, **б** - второго этапа

Необходимым условием нормальной работы системы является полный заряд конденсатора C1 до напряжения Uв, за время между двумя искрами при максимальной частоте вращения вала двигателя. Учитывая, что конденсатор в схеме рис. 4.2 начинает заряжаться лишь после замыкания контактов прерывателя, и считая скважность работы прерывателя равной 2, это условие для четырехтактного двигателя будет иметь вид:

$$\tau = R_{вн} \cdot C1 \leq 20/z \cdot n_{max},$$

где z - число цилиндров двигателя; n_{max} - максимальная частота вращения коленчатого вала двигателя, об/мин. Для двухтактного двигателя числитель правой части должен быть равен 10.

Так, если емкость накопительного конденсатора C1 = 1 мкФ, двигатель четырехтактный четырехцилиндровый, имеющий максимальную частоту вращения коленчатого вала n_{max} = 6000 об/мин, то $\tau \leq 0{,}83$ мс, и внутреннее сопротивление преобразователя не должно превышать:

$$R_{вн} = \frac{\tau}{C1} = \frac{0{,}83 \cdot 10^{-3} с}{10^{-6}\ Ф} = 830\ Ом.$$

Рассмотрим подробнее влияние сопротивления утечки Rут на работу системы. Сопротивление утечки в основном определяется током утечки тиристора, используемого в качестве коммутатора. Максимальное значение тока утечки имеют тиристоры типа КУ202М (Н): до 10 мА при напряжении 400 В. Сопротивление утечки в этом случае равно:

$$R_{ут} = \frac{400\ В}{10 \cdot 10^{-3}} = 40\ К.$$

Таким образом, условие $R_{ут} \geq R_{вн}$ выполняется даже и в этом крайнем случае, и, следовательно, влиянием сопротивления утечки в системах с непрерывным накоплением энергии можно пренебречь. Тем более, что в действительности ток утечки у подавляющего большинства тиристоров этого типа не превышает 0,2 ÷ 0,3 мА.

В случае же, если сопротивление утечки по каким-либо причинам станет соизмеримым с внутренним сопротивлением преобразователя, то напряжение заряда накопительного конденсатора резко уменьшится и система станет неработоспособной. Энергия преобразователя будет в основном расходоваться в паразитных цепях утечки.

На практике выполнение условия: о полном заряде конденсатора C1 до напряжения Uв, за время между двумя искрами при максимальной частоте вращения вала двигателя, не встречает затруднений. Задавшись определенной энергией Wc1 и выбрав значение выходного напряжения преобразователя Uв, из выражения: $C1 = 2 \cdot W_{c1}/U^2_в$ - определяют емкость накопительного конденсатора. Внутреннее сопротивление преобразователя Rвн определяется его мощностью. Чем больше мощность преобразователя, тем меньше его внутреннее сопротивление.

Применяя достаточно мощный преобразователь, можно добиться того, чтобы энергия Wc1, а значит, и вторичное напряжение, были постоянными вплоть до самой высокой частоты вращения коленчатого вала двигателя. Что же касается малой частоты вращения, то очевидно, что если накопительный конденсатор успел зарядиться до напряжения Uв при максимальной частоте вращения, он тем более успеет зарядиться до этого напряжения при малой частоте вращения коленчатого вала.

Этап 2. Подключение заряженного накопительного конденсатора C1 к первичной обмотке катушки зажигания.

На рис. 4.3-б дана упрощенная схема замещения для второго этапа рабочего процесса. При ее составлении и анализе приняты следующие допущения: гальваническая связь между обмотками катушки зажигания устранена, искровой контакт распределителя заменен скользящим, распределенные емкости вторичной цепи заменены одной сосредоточенной емкостью C1, активные сопротивления обмоток катушки зажигания равны нулю, коэффициент связи между обмотками равен единице, шунтирование вторичной цепи отсутствует.

Согласно схеме замещения после размыкания контактов прерывателя и переключения коммутатора VD5 в положение 2 в первичной цепи образуется колебательный контур, состоящий из индуктивности L1 первичной обмотки W1 катушки зажигания и суммы емкостей накопитель-

ного конденсатора C1 и вторичной цепи $C2\cdot(W2/W1)^2$, приведенной к первичной. Поскольку до коммутации конденсатор C1 был заряжен, после нее в первичном контуре возникают собственные затухающие колебания, частота которых (без учета процессов во вторичной цепи) равна:

$$f=\frac{1}{2\pi\cdot\sqrt{L1\cdot[C1+C2\cdot(W2/W1)^2]}}.$$

Вследствие того, что в момент коммутации параллельно накопительному конденсатору подключается емкость $C2\cdot(W2/W1)^2$, напряжение на накопительном конденсаторе уменьшается, и максимум первичного напряжения, определенный из условий сохранения заряда, будет равен:

$$U1max=U_B\cdot\frac{C1}{C1+C2\cdot(W2/W1)^2}.$$

Очевидно, что если U1max является максимумом первичного напряжения, то максимум вторичного напряжения определится выражением:

$$U2max=U1max\cdot\frac{W2}{W1}=U_B\cdot\frac{W2}{W1}\cdot\frac{C1}{C1+C2\cdot(W2/W1)^2}.$$

Из этого выражения следует, что, выбрав соответствующим образом емкость накопительного конденсатора C1 так, чтобы $C1\geq C2\cdot(W2/W1)^2$, можно добиться малой зависимости вторичного напряжения U2max от значения емкости C2, что принципиально невозможно в классической системе зажигания

Кроме того, в конденсаторной системе зажигания максимум вторичного напряжения мало зависит от значения сопротивления, шунтирующего вторичную цепь. Практика подтверждает, что конденсаторная система зажигания сохраняет работоспособность при низких значениях шунтирующего сопротивления, вплоть до 100 К. Это существенно снижает требования к уходу за свечами зажигания (их чистке, регулировке зазора и т. п.). Срок использования свечей может быть значительно увеличен, поскольку свечи, которые уже нельзя задействовать в классической системе зажигания, могут удовлетворительно работать в конденсаторной системе.

Это связано с тем, что в качестве коммутатора в конденсаторной системе зажигания обычно применяют тиристоры, время переключения которых, определяющее длительность фронта первичного напряжения, всего несколько микросекунд. Конечно, длительность фронта вторичного напряжения зависит, кроме того, от параметров катушки зажигания. Однако даже при применении катушек от классической системы зажигания, фронт импульса вторичного напряжения в конденсаторной системе получается значительно круче, чем в классической.

Очевидно, что потери энергии при конкретных значениях шунтирующего сопротивления и вторичного напряжения пропорциональны времени действия этого напряжения. Поэтому при крутом фронте за время, пока напряжение достигнет максимума, потери будут меньше, чем при пологом фронте. Этим и объясняется малая зависимость U2max в конденсаторной системе зажигания от сопротивления, шунтирующего вторичную цепь.

Схема с непрерывным накоплением энергии в конденсаторе отличается простотой, технологичностью и надежностью конструкции. Недостаток ее - зависимость энергии накопительного конденсатора от напряжения источника питания. Зимой, когда напряжение батареи при пуске снижается до 7 ÷ 8 В, конденсатор заряжается до напряжения около 190 В, накопленная энергия в нем снижается в 4 раза, и пуск затрудняется.

Конденсаторные системы с импульсным накоплением энергии в емкости позволяют иметь хорошую искру при уменьшении напряжения в бортовой сети до 6,5 В. Но эти системы сравнительно сложнее и дороже. К полупроводниковым приборам, применяемым в них, повышены требования в отношении токов утечки, которые должны быть не более 0,1 мА.

В системах с импульсным накоплением энергии, накопительный конденсатор заряжается одним мощным импульсом сразу же после окончания искрового разряда в свече зажигания. На рис. 4.4 приведена принципиальная схема конденсаторной системы зажигания с импульсным накоплением энергии, а на рис. 4.5 временные диаграммы ее работы.

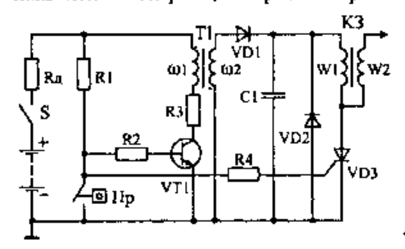


Рис. 4.4. Принципиальная схема тиристорной системы зажигания с импульсным накоплением энергии.

Схема включает в себя транзистор VT1, который работает в ключевом режиме, повышающий трансформатор T1, накопительный конденсатор C1, два диода VD1, VD2, тиристор VD3 и катушку зажигания (КЗ).

При замкнутом выключателе зажигания S и в момент размыкания контактов прерывателя (t_1), транзистор VT1 переходит в состояние насыщения. Ток управления течет от батареи через резисторы Rд, R1 и R2, базу и эмиттер транзистора на корпус автомобиля и "-" батареи. Транзистор проводит линейно - нарастающий ток первичной обмотки трансформатора T1. В магнитном поле T1 накапливается энергия. По мере увеличения тока Iб в обмотке ω1 увеличивается падение напряжения на резисторе R3. Это напряжение поступает на вход схемы управления и, когда ток достигает заданного значения I_p, ключи VT1 и VD3 по сигналу от схемы управления закрываются. Ток в обмотке ω1 прекращается (t_2, рис. 4.5). Энергия,накопленная в магнитном поле трансформатора T1, равная $L1 \cdot I^2_p/2$, где L1 индуктивность обмотки ω1 трансформатора T1, создает в его обмотках импульсы напряжения. Положительный импульс с конца обмотки ω2 (начала обмоток на рис. 4.4 обозначены точками) проходит через диод VD1 и заряжает накопительный конденсатор C1 до высокого напряжения 350 В (t_3, рис. 4.5). Диод VD1 предотвращает разряд конденсатора C1 через обмотку ω2 после окончания действия импульса.

Если считать, что энергия магнитного поля трансформатора T1 преобразуется в энергию электрического поля конденсатора C1 с коэффициентом полезного действия η, то можно написать:

$$\eta \cdot L1 \cdot I^2_p = C1 \cdot U^2_{c1},$$

откуда напряжение заряда накопительного конденсатора определится выражением:

$$U_{c1} = I_p \cdot \sqrt{\eta \cdot L1 / C1}.$$

Таким образом, напряжение заряда накопительного конденсатора не зависит от напряжения питания, и при постоянных значениях η, L1 и C1 определяется лишь током разрыва I_p.

Указанное свойство системы позволяет относительно простыми средствами получить стабилизированное вторичное напряжение. Для этого необходимо иметь схему управления со стабильным порогом срабатывания. Практическая реализация такой схемы не встречает затруднений.

В момент t_4 контакты прерывателя замыкаются, что не оказывает влияния на работу системы.

В момент t_5 контакты прерывателя снова размыкаются, а ключи VT1 и VD3 открываются. Ключ VT1 подключает обмотку ω1 трансформатора T1 к источнику питания и через нее снова начинает протекать линейно - нарастающий ток. Ключ S2.2 подключает заряженный до напряжения 350 В накопительный конденсатор к первичной обмотке W1 катушки зажигания. Во вторичной обмотке W2 катушки зажигания индуцируется высокое напряжение, которое через распределитель поступает к свечам зажигания. Затем описанные процессы повторяются. В момент t_6 ток в обмотке ω1 трансформатора достигает заданного значения I_p, в момент t_7 накопительный конденсатор снова заряжается. В момент t_8 контакты прерывателя размыкаются и в свече зажигания происходит искровой разряд.

Между моментами окончания заряда накопительного конденсатора (t_3, t_7, рис. 4.5) и моментами, когда конденсатор подключается к катушке зажигания (t_5, t_8) проходит интервал времени τ_1 В течение этого времени накопительный конденсатор разряжается через обратные сопротивления диода VD1, тиристора и свое собственное сопротивление изоляции, и напряжение на нем к моменту искрообразования уменьшается на ΔU. На рис. 4.5 пунктирной линией показан идеальный случай, когда утечек нет.

Чем ниже частота искрообразования и, следовательно, больше период T и интервал τ_1, тем больше разрядится накопительный конденсатор и тем ниже будет напряжение искрообразования. При значительном токе утечки может случиться, что вторичное напряжение при малых пусковых частотах вращения вала двигателя упадет настолько, что окажется недостаточным для пробоя искрового промежутка свечи зажигания.

Определим допустимый ток утечки во вторичной цепи системы с импульсным накоплением энергии, при котором система остается работоспособной при самых малых пусковых частотах вращения вала двигателя, для которых $\tau_1 = T$.

Количество электричества, первоначально запасенное в накопительном конденсаторе C1, составляет:

$$Q1 = C1 \cdot U1,$$

где C1- емкость накопительного конденсатора; U1 - первоначальное напряжение его заряда.

Суммарный ток утечки во вторичной цепи обозначим $I_{ут}$.

Тогда количество электричества, потерянное накопительным конденсатором за время $\tau_1 \approx$ T, будет равно: $\Delta Q = I_{ут} \cdot T = I_{ут} / F,$

где F - частота искрообразования.

Количество электричества, оставшееся в накопительном конденсаторе к моменту искрообразования, определим выражением: $Q2 = Q1 - \Delta Q = C1 \cdot U1 - I_{ут}/F$,

а напряжение U1 на накопительном конденсаторе, соответствующее этому количеству электричества, определится как: $U2 = Q2/C1 = U1 - I_{ут}/(F \cdot C1)$,

и, следовательно, уменьшение напряжения к моменту искрообразования будет равно:

$$\Delta U = I_{ут}/(F \cdot C1).$$

Окончательное выражение для определения допустимого суммарного тока утечки $I_{ут}$, мА, для четырехтактного четырехцилиндрового двигателя будет иметь вид:

$$I_{ут} \le n \cdot C1 \cdot U1 \cdot \gamma/3,$$

где n - частота вращения вала двигателя, об/мин; $\gamma = 100 \cdot \Delta U/U1$ - допустимое уменьшение напряжения искрообразования при частоте *n*, %; U1 - первоначальное напряжение заряда накопительного конденсатора, В; C1 - емкость накопительного конденсатора, мкФ.

В качестве примера, определим допустимое значение тока утечки для следующего практического случая. минимальная пусковая частота вращения вала двигателя n = 150 об/мин; емкость накопительного конденсатора C1 = 1 мкФ; первоначальное напряжение на накопительном конденсаторе U1 = 350 В, а допустимое его уменьшение γ = 15% (ΔU =52 В):

$$I_{ут} \le 150 \cdot 10^{-6} \cdot 350 \cdot 15/3 = 0,26 \text{ мА}.$$

Как было указано выше, ток утечки тиристора типа КУ202М (Н) согласно его техническим условиям может достигать 10 мА, и несмотря на это такой тиристор работоспособен в системе с непрерывным накоплением энергии. Для системы же с импульсным накоплением такой тиристор непригоден. Даже если ток утечки тиристора будет равен 1 мА, то напряжение искрообразования при пусковой частоте вращения вала двигателя n = 150 об/мин уменьшится на 57%, т. е. к первичной обмотке катушки зажигания будет подводиться не 350 В, а всего 150 В, и система будет неработоспособна.

В связи с этим тиристоры для систем с импульсным накоплением энергии необходимо специально отбирать по току утечки. На практике, правда, это не встречает затруднений, так как у подавляющего большинства тиристоров - ток утечки составляет 0,2 ÷ 0,3 мА.

Как и в системе с непрерывным накоплением энергии, в данном случае необходимым условием нормальной работы системы является также полный заряд накопительного конденсатора к моменту новообразования при максимальной частоте вращения вала двигателя.

Из рис 4 5 видно, что время заряда накопительного конденсатора складывается из двух фаз - времени τ_2 нарастания тока в обмотке ω_1 трансформатора T1 и времени τ_3 непосредственного заряда конденсатора после разрыва тока. Ввиду того, что нарастание тока в обмотке ω_1 начинается одновременно с размыканием контактов прерывателя, условие нормальной работы системы с импульсным накоплением для четырехтактного двигателя будет иметь вид:

$$\tau_2 + \tau_3 \le 120/z \cdot n_{max},$$

где z - число цилиндров; n_{max} - максимальная частота вращения вала двигателя.

Сравнение этого условия с аналогичным для СЗ с непрерывным накоплением показывает, что оно менее жесткое, и на практике его выполнение не встречает затруднений.

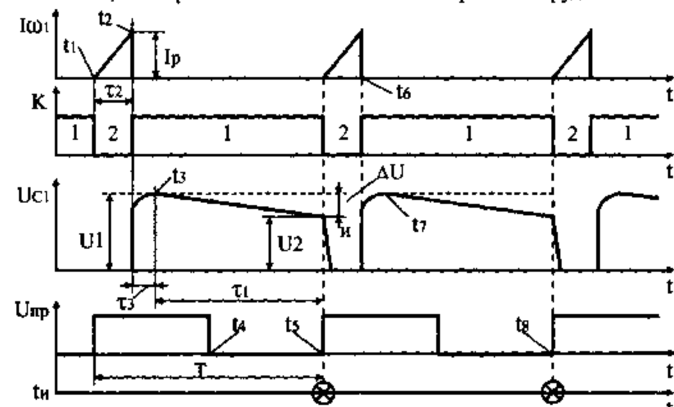


Рис. 4.5. Временные диаграммы работы тиристорной СЗ с импульсным накоплением К - положение ключа, tи - момент искрообразования.

Процессы, происходящие в момент размыкания контактов прерывателя и переключения ключа в положение 2, в системе с импульсным накоплением энергии не отличаются от аналогичных процессов в системе с непрерывным накоплением.

Системы с импульсным накоплением энергии имеют наибольшую скорость нарастания высокого напряжения. Но длительность индуктивной составляющей искрового разряда в свечах уменьшена от единиц миллисекунд (в системах с накоплением энергии в индуктивности) до десятков или сотен микросекунд. Это ухудшает воспламенение и сгорание рабочей смеси на средних нагрузках и, следовательно, приводит к повышению расхода топлива и токсичности отработавших газов. Для устранения указанных недостатков надо корректировать автоматы опережения зажигания и увеличивать зазор в свечах до 1,2 + 1,5 мм, что приводит к дальнейшему возрастанию вторичного напряжения и напряженной работе изолирующих частей высоковольтной системы.

5. БЕСКОНТАКТНЫЕ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ

5.1. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ЗАЖИГАНИЯ

В бесконтактных СЗ контакты прерывателя заменены бесконтактным датчиком, который вырабатывает электрические импульсы в строго заданные моменты времени. Эти импульсы поступают в схему управления током (импульсный усилитель) первичной обмотки катушки зажигания. Бесконтактные датчики не имеют механического контакта и поэтому практически не подвержены износу.

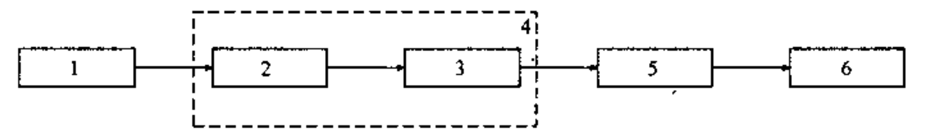


Рис. 5.1. Блок схема бесконтактной системы зажигания:
1 - бесконтактный датчик углового положения КВ двигателя; 2 - формирующий каскад;
3 выходной каскад; 4 - коммутатор; 5 - катушка зажигания; 6 - распределитель.

В наиболее простых бесконтактных системах зажигания (рис. 5.1) устройство управления 4 преобразует сигналы с датчика 1, осуществляя усиление его мощности, и производит коммутацию выходного каскада, нагрузкой которого служит катушка зажигания 5, т. е. реализуются характеристики, присущие ранее рассмотренным системам зажигания. При этом используются те же механические автоматы опережения зажигания, что и в классической, и. контактно-транзисторной системах.

Электронное устройство 4, функционально и конструктивно объединяющее формирователь 2 и выходной каскад 3, в отечественной литературе принято называть **коммутатором**.

По аналогии с углом замкнутого состояния контактов в классических и контактно-транзисторных системах зажигания угол включенного состояния выходного транзистора $\alpha_{вкл}$, в этих БСЗ постоянный и не зависит от частоты вращения вала двигателя и напряжения батареи. Следовательно, время накопления $t_н$, энергии в зависимости от частоты вращения коленчатого вала изменяется по жесткому закону: $t_н = \alpha_{вкл}/6n$, т. е. время накопления энергии увеличивается с уменьшением частоты вращения n В такой системе увеличение тока разрыва неизбежно приводит к увеличению мощности, рассеиваемой катушкой зажигания, добавочным сопротивлением и транзисторным коммутатором в диапазоне малых и средних частот вращения вала двигателя.

Отмеченный недостаток не позволяет в рамках БСЗ с постоянным углом включенного состояния выходного транзистора вести дальнейшую интенсификацию выходных характеристик. Поэтому дальнейшим этапом в развитии БСЗ явилось создание систем зажигания с нормируемым временем накопления энергии. В таких системах во всем диапазоне частот вращения вала двигателя и значений питающего напряжения определяется минимальное время, за которое ток разрыва Iр достигает величины, необходимой для индуцирования требуемого значения вторичного напряжения.

Нормирование времени накопления энергии позволяет снизить мощность потерь в катушке и коммутаторе при низких и средних частотах вращения вала двигателя при одновременном увеличении тока разрыва и соответственно энергии искрового разряда, обеспечить оптимальный

закон изменения вторичного напряжения и энергии искры в зависимости от частоты вращения вала двигателя; стабилизировать выходное напряжение системы при колебаниях напряжения питания.

БСЗ с нормированием времени накопления энергии реализуются путем введения в коммутатор специального электронного регулятора времени накопления.

Основными недостатками бесконтактных систем зажигания являются механический способ распределения энергии по цилиндрам двигателя, несовершенство механических автоматов угла опережения зажигания, погрешности момента искрообразования из-за механической передачи от коленчатого вала двигателя к распределителю.

Наиболее полно отвечают всем требованиям, предъявляемым к современным системам зажигания, системы с электронным регулированием угла опережения зажигания. Среди способов реализации этих систем можно выделить два основных: аналоговый и цифровой. Аналоговый способ относится к электронным системам зажигания более раннего поколения, когда элементная база, используемая для их построения, имела малую степень интеграции (системы зажигания II поколения). Цифровые системы зажигания (системы зажигания III поколения) являются более совершенными. В основу их работы положены принципы, широко применяемые в вычислительной технике. Цифровые регуляторы представляют собой небольшие, различные по сложности вычислители, порядок работы которых задается специальным алгоритмом. Блок-схема цифровой системы зажигания представлена на рис. 5.2.

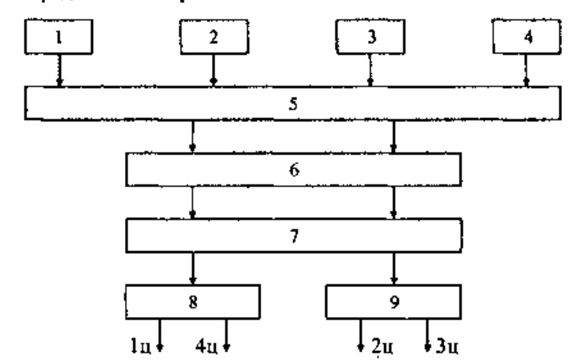


Рис. 5.2. Блок-схема цифровой СЗ со статическим распределением энергии по цилиндрам: 1 - датчик положения коленчатого вала двигателя; 2 - датчик частоты вращения коленчатого вала двигателя; 3 - датчик нагрузки; 4 - датчик температуры; 5 - интерфейс; 6 - вычислитель; 7 - двухканальный коммутатор; 8, 9 - двухискровые (с двумя высоковольтными выводами) КЗ.

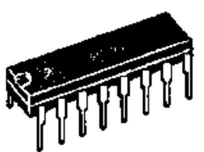
Во время работы двигателя датчики 1 ÷ 4 передают информацию о частоте вращения и нагрузке двигателя, о положении коленчатого вала, о температуре двигателя и температуре окружающей среды. На основании этой информации, обработанной в интерфейсе 5, вычислительное устройство 6 определяет оптимальный для данного режима угол опережения зажигания. В рамках цифровой системы зажигания возможно применение как традиционного механического распределителя, в функции которого остается лишь высоковольтное распределение энергии по цилиндрам двигателя, так и метода статического распределения энергии. В этом случае для четырехцилиндрового двигателя, например, применяется двухканальный коммутатор 7, два выходных транзистора которого попеременно коммутируют ток в первичных обмотках двухвыводных или одной четырехвыводной катушке зажигания. При этом блок управления формирует два сигнала, управляющих работой коммутатора.

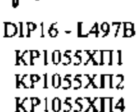
И все же цифровые системы зажигания явились переходным этапом. Последним достижением в этой области стали микропроцессорные системы (системы IV поколения). Они практически не отличаются от управляющих ЭВМ, широко применяемых в настоящее время во многих областях науки и техники. Микропроцессорные системы управления автомобильным двигателем лишь чисто условно можно отнести к системам зажигания, так как функция непосредственного зажигания является в них частью решения вопроса об оптимизации характеристик двигателя, однако именно в комплексных системах управления двигателем и заключен прогресс системы зажигания.

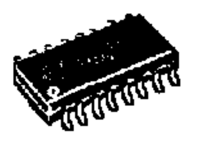
5.2. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ УЗЛОВ БЕСКОНТАКТНЫХ СИСТЕМ ЗАЖИГАНИЯ

5.2.1. РАДИОЭЛЕМЕНТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В КОММУТАТОРАХ

1. L497B (DIP16) / L497D1 (SO16) - КОНТРОЛЛЕР СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ С ДАТЧИКОМ ХОЛЛА







S016 - L497D1 (P)

Рис. 5.3. Тип корпуса.

Выполняемые функции:

- Прямой запуск внешнего транзистора Дарлингтона;
- Защита от постоянной проводимости;
- Регулирование угла опережения зажигания;
- Встроенный защитный стабилитрон по шине питания;
- Программное ограничение максимального тока катушки зажигания;
- Защита от неправильного (обратного) подключения аккумуляторной батареи;
- Программируемое время задержки, когда ток через КЗ не достиг 94 % от номинального.

ОПИСАНИЕ

L497 - интегральный регулятор электронного зажигания. Предназначен для уменьшения количества деталей системы зажигания, использующей датчик Холла. Устройство управляет выходным N-P-N транзистором Дарлингтона, чтобы регулировать ток катушки зажигания для обеспечения заданного накопления энергии с низкими потерями.

Особенность L497 - программируемое время восстановления коэффициента задержки td/T, когда пиковое значение тока катушки зажигания будет не в состоянии достигать 94 % от номинальной величины. Таким образом только одна искра может иметь энергию меньше чем 94 % номинала во время быстрого ускорения или запуска холодного двигателя.

Табл. 5.1. Максимальные режимы работы.

Символ	Параметр	Значение	Единица
I_3	Постоянный ток питания Импульсный ток питания (если постоянная времени затухания t_c = 100 ms)	200 800	mA mA
U_3	Питающее напряжение	ограничено до U_{Z3}	
U_6	Напряжение управления тахометром, U_{RPM}	28	V
I_{16}	Ток коллектора задающего устройства: постоянный ($t_{REP} \leq 3$ms) импульсный	 300 600	 mA mA
U_{16}	Напряжение коллектора задающего устройства	28	V
I_7	Вспомогательный стабилитрон	40	mA
I_{15}	Ток стабилитрона: постоянный импульсный t_{REP} (время цикла) $\geq$ 30 μs t_{FAIL} (время спада) = 300 μs	 15 35	 mA mA
U_R	Обратное напряжение батареи	-16	V
T_J, T_{stg}	Диапазон температур	-55 ÷ +150	°C
P_{tot}	Рассеиваемая мощность T = +90 °C для SO16 T = +90 °C для DIP16	 1.2 0.65	 W W

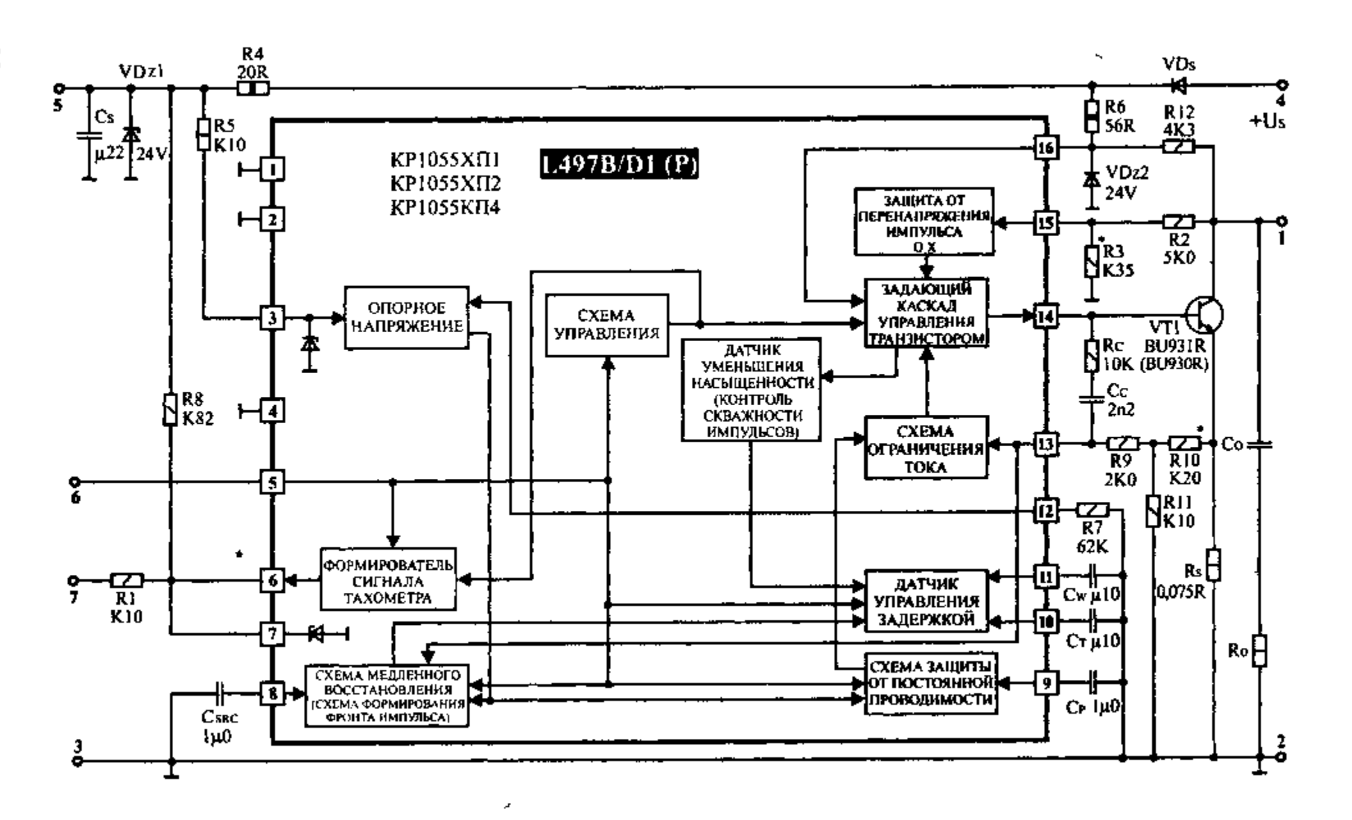


Рис. 5.4. Структурная схема L494B/L497D1 (P) с навесными элементами.

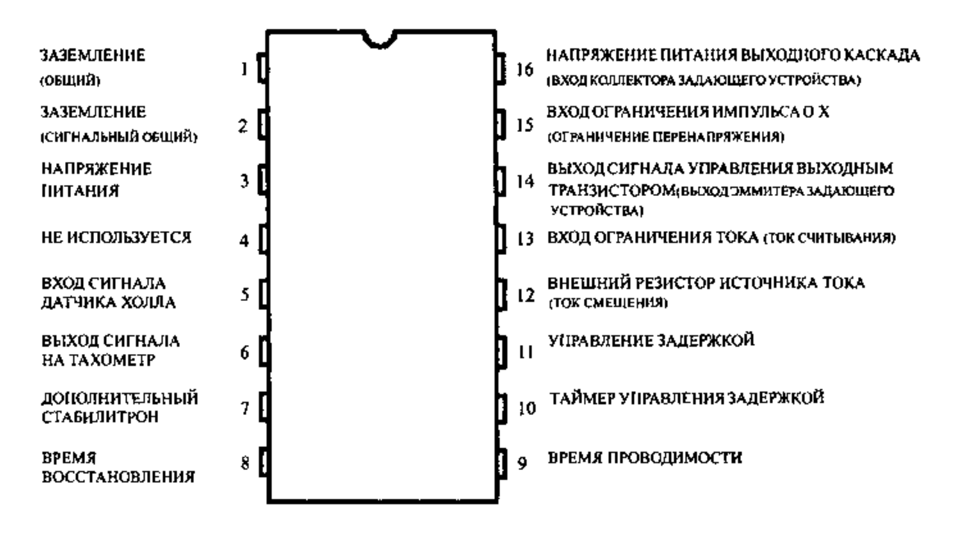


Рис. 5.5. Цоколевка L497B (КР1055ХП1, КР1055ХП2 и КР1055ХП4).

Примечание. Назначение и расположение выводов L497B совпадает с L497D1 (P).

Табл. 5.2. Назначение выводов.

№	Название	Функция
1	ЗАЗЕМЛЕНИЕ (общий)	Этот вывод должен быть соединен с землей.
2	ЗАЗЕМЛЕНИЕ (сигнальный общий)	Этот вывод должен быть соединен с землей.
3	НАПРЯЖЕНИЕ ПИТАНИЯ	Вход питающего напряжения. Внутренний стабилитрон ограничивает напряжение на этом выводе до 7,5V. Внешний резистор R5 ограничивает ток через стабилитрон при высоком питающем напряжении (Iст = 18 мА).
4	НЕ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ	Этот вывод должен быть соединен с землей или отключен.
5	ВХОД СИГНАЛА ДАТЧИКА ХОЛЛА	Вход для выходного сигнала с датчика Холла. Этот вход управляет задержкой, чтобы допустить запуск тока в катушку зажигания. Искра образуется при переходе выходного сигнала датчика Холла с высокого уровня на низкий. Кроме того этот входной сигнал управляет схемой медленного восстановления и схемой формирования импульса защиты от постоянной проводимости Входной сигнал, от выходного каскада с открытым коллектором датчика Холла, имеет рабочий цикл (скважность) обычно 70 %. Вывод 5 связан внутри микросхемы с выводом 3 и землей диодами.
6	ВЫХОД СИГНАЛА УПРАВЛЕНИЯ ТАХОМЕТРОМ	Открытый выход коллектора, который находится в низком уровне когда в катушке зажигания протекает электрический ток. Для защиты от высоких напряжений этого выхода, рекомендуем подключение к выводу 7. В этом случае R8 должен ограничить ток стабилитрона. R1 ограничивает ток на выходе 6, если этот вывод случайно соединен с Us обратной полярности.
7	ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ СТАБИЛИТРОН	Стабилитрон общего назначения 21V (обычно). Ток должен быть ограничен внешним резистором.

№	Название	Функция
8	ВРЕМЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ (накопления энергии)	Времязадающий конденсатор, соединенный между этим выводом и землей определяет, наклон фронта импульса в схеме формирования УОЗ, при его росте от нуля до максимального значения (рис. 5.6). Это происходит после детектирования тока КЗ (I_{coil}) и если он ≤ 94 % от I_{nom} (прежде, чем появится низкий уровень сигнала с датчика Холла). Время медленного восстановления расчитывается по формуле: $t_{src} = 12{,}9 \cdot R7 \cdot C_{src}$ (ms), где R7 - сопротивление резистора смещения на выводе 12 (в К) и C_{src} - емкость конденсатора задержки на выводе 8 (в μF).
9	ВРЕМЯ ПРОВОДИМОСТИ	Времязадающий конденсатор, соединенный между этим выводом и землей определяет время задержки защиты от постоянной проводимости. После этого времени задержки ток катушки зажигания медленно уменьшается до нуля. Время запаздывания T_p расчитывается по формуле: $T_p = 16 \cdot C_p \cdot R7$ (ms), где R7 - сопротивление резистора смещения на выводе 12 (в К) и C_p - емкость конденсатора задержки на выводе 9 (в μF).
10	ТАЙМЕР УПРАВЛЕНИЯ ЗАДЕРЖКОЙ	Запоминающий конденсатор C_T, соединенный между этим выводом и землей заряжается, когда сигнал датчика Холла на высоком уровне и разряжается при переходе сигнала датчика Холла с высокого уровня на низкий. Рекомендуемое значение конденсатора - 0,1 мкФ (100n), при R7 = 62 кОм на выводе 12.
11	УПРАВЛЕНИЕ ЗАДЕРЖКОЙ	Среднее напряжение на интегрирующем конденсаторе C_W, соединенным между этим выводом и землей, зависит от частоты вращения двигателя и питающего напряжения. Отношение между напряжениями U_{CW} и U_{CT} определяет время управления задержкой. Для оптимальной работы устройства значения емкостей C_T и C_W выбирают равными; рекомендуемое значение 100n, при R7 = 62 кОм на выводе 12.
12	ВНЕШНИЙ РЕЗИСТОР ИСТОЧНИКА ТОКА (ток смещения)	Резистор, соединенный между этим выводом и землей устанавливает внутренний ток, определяет токи заряда внешних конденсаторов управления задержкой (вывод 10 и 11), защиты от постоянной проводимости (вывод 9) и времени медленного восстановления (вывод 8). Рекомендуемое значение - 62 кОм.
13	ВХОД ОГРАНИЧЕНИЯ ТОКА (ток считывания)	Служит для ограничения тока катушки зажигания. Ток считывания измеряется на резисторе R_S. Текущее значение ограничения расчитывается по формуле: $I_{sense} = 0{,}32 \cdot \frac{R10 + R11}{R_S \cdot R11}$.
14	ВЫХОД СИГНАЛА УПРАВЛЕНИЯ ВНЕШНИМ ТРАНЗИСТОРОМ (выход эммитера задающего устройства)	Формирует ток управления для выходного транзистора Дарлинггона. Чтобы гарантировать устойчивость и точность T_{desat} (C_C и R9 должны использоваться). Рекомендуемое значение для R9 - 2K0, чтобы не изменять коэффициент усиления разомкнутого контура системы. R_C может быть добавлен к C_C для получения большей гибкости при различных условиях работы. Диапазоны значений C_C и R_C: 1 ÷ 100n и 5 ÷ 30K, в зависимости от типа выходного транзистора.
15	ВХОД ОГРАНИЧЕНИЯ ИМПУЛЬСА ОБРАТНОГО ХОДА (предел перенапряжения)	Внешний транзистор защищен от перенапряжения внутренним стабилитроном, располагаемым на этом выводе и соединенный с выводом 14. Делитель R3/R2 определяет значение ограничения: $U_{ovp} = (\frac{22{,}5}{R3} + 5 \cdot 10^{-3}) \cdot R2 + 22{,}5$.
16	НАПРЯЖЕНИЕ ПИТАНИЯ ЗАДАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА (вход коллектора задающего устройства)	Ток коллектора внутреннего задающего устройства, который управляет выходным транзистором, идет через этот вывод Внешний резистор R6 ограничивает максимальный ток базы внешнего транзистора.

Табл. 5.3. Электрические характеристики (U_S = 14.4V, - 40 °C < Tj < +125 °C, если иначе не определено).

Символ	Параметр	Условие испытаний	Минимум	Обычно	Максимум	Единица
U_3	Минимальное опорное напряжение		3.5			V
I_3	Ток питания	U_3 = 6V U_3 = 4V	5 7	18	25 13	mA mA
U_S	Напряжение питания				28	V
U_{Z3}	Напряжение ограничения стабилитрона	I_{Z3} = 70mA	6.8	7.5	8.2	V
U_5	Входное напряжение	Низкий уровень Высокий уровень	 2.5		0.6	V V
I_5	Ток на входе	U_5 = LOW	-400		-50	µA
$U_{16\text{-}14}$	Ток насыщения задающего устройства	I_{14} = 50mA I_{14} = 180mA			0.5 0 9	V V
U_{sense}	Значение напряжения считывания	U_S = 6 ÷ 16V	260	320	370	mV
I_{11C}	Cw ток заряда	U_S = 5.3 ÷ 16V U_{11} = 0.5V T = 10 ÷ 33ms	-11.0	-9.3	-7.8	µA
I_{11D}	Cw ток разряда	U_S = 5.3 ÷ 16V U_{11} = 0.5V T = 10 ÷ 33ms	0.5	0.7	1.0	µA
$\frac{I_{11C}}{I_{11D}}$		U_S = 5.3 ÷ 16V U_{11} = 0.5V T = 10 ÷ 33ms См. прим. 1	7.8		22.0	
$\frac{I_{src}}{I_{sense}}$	Процент тока на выходе, определяющего начало управления медленным восстановлением (рис 5 8), прим. 1.		90	94	98.5	%
T_{src}	Продолжительность измененного коэффициента td/T, после запуска SRC функции (регулировки медленного восстановления) (рис 5 8)	C_{src} = 1µ0 R7 = 62K		0.8		S
U_{Z15}	Напряжение защиты выходного транзистора по напряжению Напряжение стабилитрона	I_{15} = 5 mA I_{15} = 2 mA	19 18	22.5 21.5	26 25	V V
t_p	Время постоянной проводимости	U_5 = H = 2,5 V C_p = 1µ0 R7 = 62K	0.4	1.1	1.8	S
U_{6sat}	Напряжение насыщения выхода управления тахометром	I_6 = 18.5mA I_6 = 25mA			0 5 0 8	V V
$I_{6\,leak}$	Ток утечки выхода управления тахометром	U_S = 20V			50	µA
U_{Z7}	Напряжение стабилитрона	I_7 = 20mA	19		27	V
U_{12}	Опорное напряжение		1.20	1.25	1 30	V

Примечание:

1. Коэффициент уменьшения насыщенности td / T расчитывается по формуле: $\frac{td}{T} = \frac{1}{1 + I_{11C} / I_{11D}}$

2. $I_{sense} = I_{coil}$, когда выходной транзистор Дарлингтона находится в активной области.

3. HIGH (H) - высокий уровень сигнала; LOW (L) - низкий уровень сигнала.

ЗАЩИТА ДАМПА

Защита Дампа реализована внешним стабилитроном, если эта функция необходима (рис. 5.4). VD_{Z1} защищает выходной каскад, соединение выводов 6 и 7 защищает выходной транзистор на выводе 6. Кроме того VD_{Z1} защищает вход источника питания (вывод 3) и датчик Холла. Резистор R4 необходим для ограничения тока VD_{Z3} во время перегрузки.

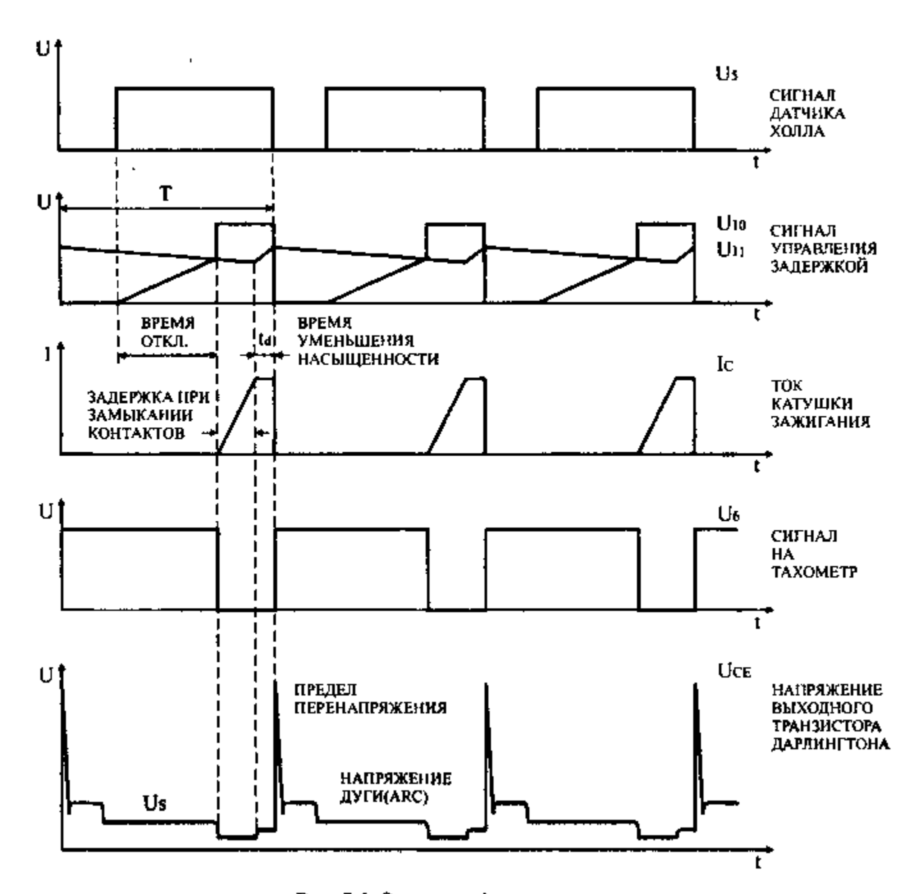


Рис. 5.6. Основные формы сигналов.

УМЕНЬШЕНИЕ ВРЕМЕНИ НАСЫЩЕННОСТИ ПРИ НИЗКОЙ И ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЕ

При частоте ниже 10 Гц (300 оборотов в минуту для 4 цилиндрового двигателя) время выключения достигает предельного значения (50 мс) и затем схема постепенно теряет управление длительностью замкнутого состояния контактов прерывателя потому, что D = T - 50 мс.

При 200 Гц (6000 оборотов в минуту для 4 цилиндрового двигателя) полезное время для проводимости - меньше чем 3,5 мс.

Если используемая катушка зажигания имеет параметры - 6 мГн, 6 А, время выключения уменьшается, чтобы установиться на нуль, и схема теряет управление длительностью замкнутого состояния контактов прерывателя.

УМЕНЬШЕНИЕ ВРЕМЕНИ НАСЫЩЕННОСТИ В СТАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

В статических условиях при $C_T = C_W$, как рекомендуется и если используются значения схемы (рис.5.4).

$$\frac{td}{T} = \frac{1}{1 + I_{HC} / I_{HD}}$$

ПЕРЕХОДНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Система зажигания должна поддерживать энергию постоянной даже в условиях ускорения и уменьшения оборотов двигателя ниже 80 Гц. Эти состояния могут моделироваться посредством сигналов генератора с линейно модулируемой частотой между 1 Гц и 200 Гц (это соответствует изменению от 30 до 6000 оборотов в минуту для 4*-цилиндрового двигателя).

УПРАВЛЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТЬЮ ЗАМКНУТОГО СОСТОЯНИЯ КОНТАКТОВ ПРЕРЫВАТЕЛЯ

Управляющая цепь длительности замкнутого состояния контактов прерывателя определяет время проводимости D выходного транзистора относительно частоты вращения КВ двигателя, питающего напряжения и характеристик катушки зажигания.

На отрицательном крае заднего фронта входного сигнала датчика Холла конденсатор Cw начинает разряжаться с постоянным током I_{HD}. Когда пиковое значение тока катушки зажигания достигнуто, заряды конденсатора с постоянным током $I_{HC} = 13.3 \cdot I_{HD}$, и ток катушки зажигания сохраняется постоянным, за счет уменьшения времени насыщенности блоком управления и силового выходного транзистора.

Конденсатор Ст заряжается на положительном крае переднего фронта входного сигнала датчика Холла с постоянным током $I_{НС}$. Длительность замкнутого состояния контактов прерывателя, и, следовательно, исходная точка проводимости тока катушки зажигания, определяется отношением между U_{t0} и U_{t1}.

Положительный гистерезис добавлен к компаратору задержки, чтобы избежать побочного эффекта и Ст быстро разряжается на отрицательном крае входного сигнала датчика Холла. Таким образом среднее напряжение на Cw увеличивается, если частота вращения двигателя уменьшается и наоборот увеличивется, чтобы поддерживать постоянным отношение t_d/T при любой частоте вращения двигателя. t_d/T сохраняется постоянным, чтобы управлять мощностью рассеивания и иметь достаточное время для устранения низких энергетических искровых разрядов во время ускорения.

ЗАЩИТА ОТ ПОСТОЯННОЙ ПРОВОДИМОСТИ

Схема защиты от постоянной проводимости контролирует входной сигнал. Зарядка Cp происходит постоянным током, когда сигнал датчика высокого уровня и разряжается, когда сигнал датчика низкого уровня. Если входной итоговый остаток высок в течение времени дольше чем Tp, напряжение на Cp достигает внутреннего фиксированного значения, вынуждающего к медленному уменьшению тока катушки зажигания, чтобы установить его на нуль. Медленное уменьшение необходимо для того, чтобы избежать нежелательных искр. Когда входной сигнал идет снова в низком уровне, то Cp стремительно разряжается и текущий контур управления работает как обычно.

Время запаздывания Tp: Tp (sec) = 18 · Cp · R7, где R7 - резистор смещения на выводе 12 (в К) и Cp - конденсатор задержки на выводе 9 (в мкФ).

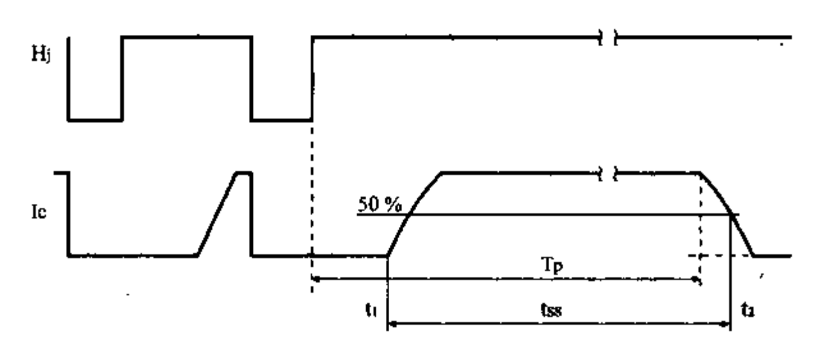


Рис. 5.7. Защита от постоянной проводимости.

УПРАВЛЕНИЕ МЕДЛЕННЫМ ВОССТАНОВЛЕНИЕМ

Если I_{sense} не достиг 94 % от номинальной величины перед отрицательным краем входного сигнала датчика Холла, конденсаторы C_{SRC} и C_W быстро разряжаются, пока сигнал датчика "низок". На следующем положительном входном сигнале ток нагрузки начинается немедленно, до достижения максимума T_{desat}, тогда напряжение на конденсаторе C_{SRC} увеличивается линейно до верхнего уровня. В течение этого времени восстановления T_{SRC}, напряжение преобразовано в ток, который поступает от тока зарядки конденсатора задержки и модуляции T_{desat}. Это означает, что T_{desat} медленно уменьшается до определенного значения (после времени T_{SRC}), номинальная величина 7%.

Время T_{SRC} представлено формулой: $T_{SRC} = 12{,}9 \cdot R7 \cdot C_{SRC}$ (мс),
где R7 - резистор смещения вывода 12 (в K) и C_{SRC} - конденсатор вывода 8 (в µF).

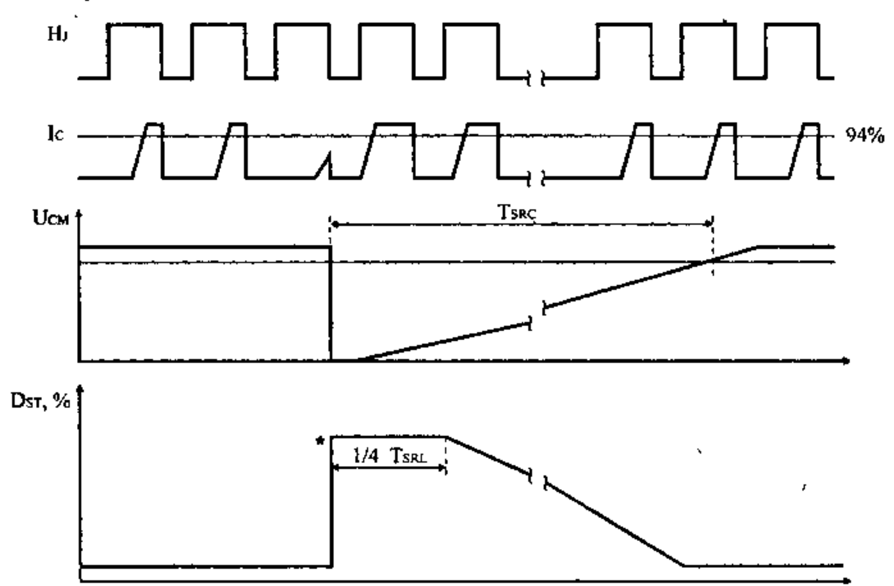


Рис. 5.8. SRC: Недостаток I_{coil} и временная зависимость активной области:

H_J - входной сигнал; I_C - ток катушки зажигания; U_{CM} - напряжение на конденсаторе C_{SRC}, D_{ST} - процент от приложенного уменьшения времени насыщенности.

ОГРАНИЧЕНИЕ ТОКА

Ток в катушке зажигания проверяется, измеряя I_{sense}, текущий через индикаторный резистор считывания Rs на эмиттере силового транзистора. Формула для I_{sense}:

$$I_{sense} = I_{coil} + I_{14}.$$

Когда падение напряжения на резисторе Rs достигает внутреннего порогового значения компаратора, контур обратной связи будет инициирован, форсируя переход выходного транзистора в активную область и I_{sense} сохраняется постоянным (рис.5.6) В этом случае:

$$I_{sense} = I_{coil}.$$

Когда максимальный ток катушки зажигания, заданный резистором Rs, должен быть уменьшен или увеличен, используется вспомогательный делитель R10/R11:

$$I_{cpeak\,(A)} = 0{,}32/R_s \cdot (R10/R11 + 1).$$

ЗАЩИТА ОТ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ИМПУЛЬСА

Если требуется правильная работа в течение коротких отрицательных импульсов, тогда должны быть использованы диод VD_S и конденсатор C_S.

ОГРАНИЧЕНИЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ

Напряжение коллектора внешнего транзистора считывается делителем напряжения R2, R3. Увеличение сопротивления R2 или уменьшение R3 приводит к увеличению порога ограничения напряжения. Цепочка R_0, C_0 является элементом колебательного контура ударного возбуждения, т.е. определяет величину и скорость нарастания вторичного напряжения, развиваемого системой зажигания. R_0 ограничивает емкостной ток через выходной транзистор в момент отпирания последнего, если C_0 разряжен. Значение R_0 и C_0 зависит от используемого внешнего транзистора. Кроме того резистор R13 ограничивает перенапряжение, даже когда питающее напряжение отключено во время перенапряжения.

Примечание:

1 - КР1055ХП1 (**"ВЗПП"**, Воронеж), КР1055ХП2 (**"КРЕМНИЙ"**, Брянск) и КР1055ХП4 (**"ОРБИТА"**, Саранск) являются полными аналогами L497B (параметры и назначение выводов полностью совпадают).

2 - КР1055ХП1, КС1055ХП1, КФ1055ХП1 отличаются только исполнением корпуса:

Р - пластмассовый корпус; С - стеклокерамический корпус; Ф - для поверхностного монтажа.

2. L482 (DIP16) / L482D1 (SO16) - КОНТРОЛЛЕР СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ С ДАТЧИКОМ ХОЛЛА

Выполняемые функции:

- Прямой запуск выходного транзистора Дарлингтона;
- Защита Дампа;
- Выход управления тахометром;
- Защита от постоянной проводимости;
- Регулирование угла опережения зажигания;
- Ограничение максимального тока катушки зажигания;
- Встроенный защитный стабилитрон по шине питания;
- Защита от перенапряжений силового транзистора Дарлингтона;
- Защита от неправильного (обратного) подключения аккумуляторной батареи.

Табл. 5.4. Электрические характеристики (U_S = 14.4V, - 40 °C < Tj < +125 °C, если иначе не определено) - см. схему рис.5.9, для корпуса DIP16.

Символ	Параметр	Условие испытаний	Минимум	Тип. зн.	Максимум	Единица
U_S	Напряжение питания		6		28	V
I_S	Ток питания	U_{12} = 4,5V			25	mA
U_{Z12}	Напряжение ограничения стабилитрона	I_{Z12} = 70mA	6,5		8.8	V
U_2	Входное напряжение с ДХ	Низкий уровень Высокий уровень	 2.5		0.5 	V V
I_2	Ток на входе	U_2 = L; U_S = 6 ÷ 16V	-12		-1	mA
U_{HZ}	Uпит. ДХ Напряжение стабилитрона	I_{HZ} = 10mA	19	22	25	V
I_{HZ}	Ток стабилитрона (5 вывод)	t = 10ms; T = 25 °C	100			mA
U_{CEsat} ($U_{14\ 18}$)	Напряжение задающего устройства	I_0 = 70mA I_0 = 150mA		 0 4	0.6 1.0	V V
U_{sense}	Значение напряжения считывания	U_S = 6 ÷ 16V	200		400	mV
I_{3D} I_{3C} I_{3C}/I_{3D}	C2 Ток разряда C2 Ток заряда	U_S = 6 ÷16V	0.2 5 6		3.4 20 35	µA µA µA
U_{OVZ}	Напряжение ограничения,защиты от перенапряжений. Напряжение стабилитрона	I_{OVZ} = 5 ÷ 15mA T_{AMB} = 25 °C	25	30	35	V
U_7	Опорное напряжение		2.5		3.5	V
t_p	Время защиты от постоянной проводимости (8 вывод) см. рис. 5.10	U_1 = HIGH C_1 = 1µ0	1	3	5	S
t_d	Время уменьшения насыщенности	U_S = 14V; f = 40Hz	0 6	1.2	1.57	ms
$I_{9\ leak}$	Ток утечки (вывод 9)	U_9 = 5V			10.5	µA
$I_{6\ leak}$	Ток утечки (вывод 6)	U_6 = 5V			10.5	µA
U_6	Вход уменьшения времени насыщенности (низкий уровень)	$I_{6\ (sink)}$ = 0.5mA			0.7	V
U_1	Выходное напряжение управления тахометром U = LOW U = HIGH	$I_{(sink)}$ = 0 $I_{(sink)}$ = 1mA $I_{(sink)}$ = 1.5mA $I_{(sink)}$ = 2.5mA	 3 5		0.5 1.2 	V V V V

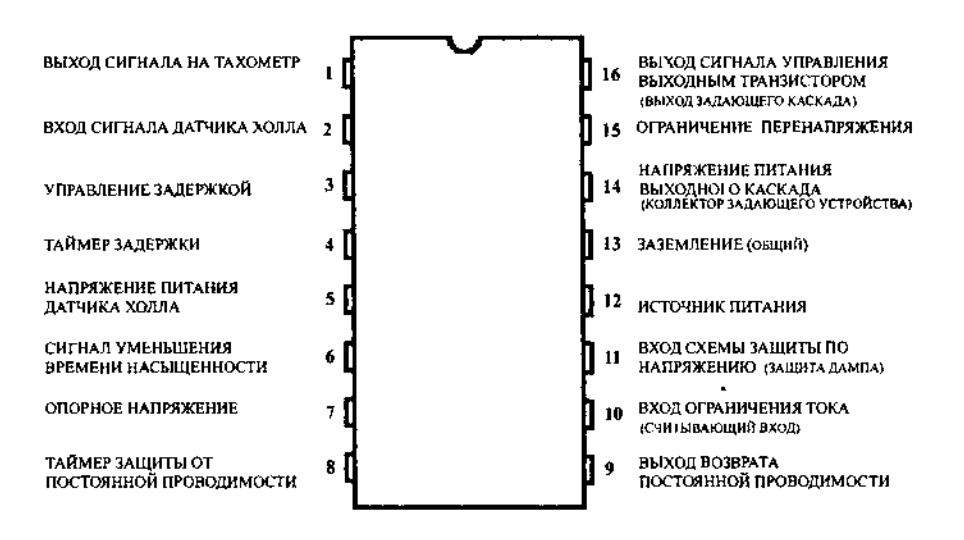


Рис. 5.9. Цоколевка L482 (DIP16).

Рис. 5.10. Структурная схема L482 с навесными элементами.

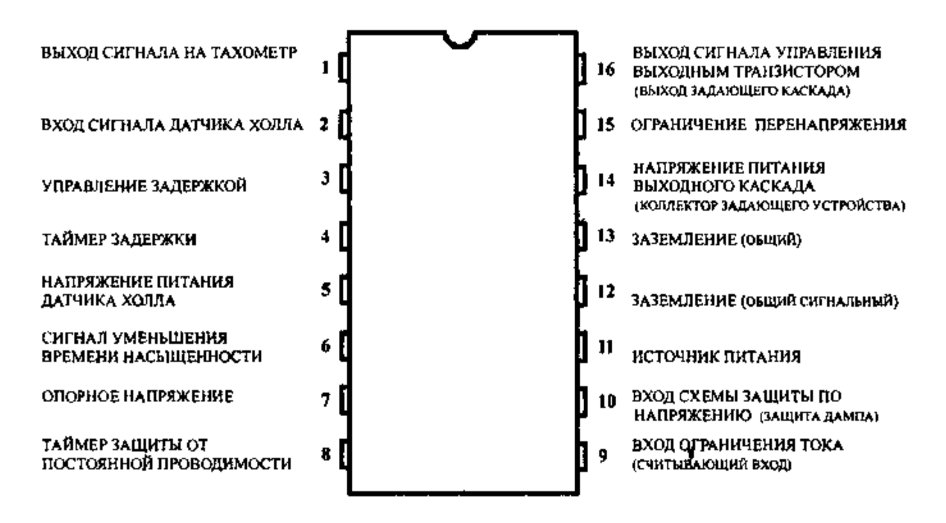


Рис. 5.11. Цоколевка L482D1 (SO16).

Примечание. Встречаются микросхемы L482D1 в корпусе SO16, имеющие такую же цоколевку выводов, как у микросхемы L482 в корпусе типа DIP16.

Рис. 5.12. Структурная схема L482D1 с навесными элементами.

Табл. 5.5. Максимальные режимы работы.

Символ	Параметр	Значение	Единица
U_D	Напряжение Дампа	100	V
U_R	Обратное напряжение батареи	- 14	V
T_j, T_{stg}	Диапазон температур	-55 ÷ +150	°C
P_{tot}	Рассеиваемая мощность T = +90 °C для SO 16 T = +90 °C для DIP 16	 1.2 0.65	 W W

ОПИСАНИЕ

L482 - интегральная микросхема, разработанная для использования с N-P-N транзистором Дарлингтона в системах зажигания с датчиками Холла и катушками зажигания с высокими энергетическими характеристиками. Управляет энергией, накопленной в катушке зажигания и уменьшением времени насыщенности выходного транзистора Дарлингтона, чтобы ограничить рассеиваемою мощность.

L482 также используется в более сложных автомобильных электронных системах, которые используют микропроцессорные цепи.

Табл. 5.6. Назначение выводов (рис. 5.9. - для DIP16).

№	Название	Функция
1	СИГНАЛ ВРЕМЕНИ ПРОВОДИМОСТИ (выход сигнала на тахометр)	Низкий уровень сигнала на этом выводе указывает, когда выходной транзистор Дарлингтона находится в состоянии "включено", то есть когда электрический ток протекает через КЗ.
2	ВХОД СИГНАЛА ДАТЧИКА ХОЛЛА	Вход для выходного сигнала с датчика Холла. Высокий уровень сигнала на этом выводе разрешает запуск тока в КЗ. Искра образуется при переходе выходного сигнала датчика Холла с высокого уровня на низкий. Входной сигнал, от выходного каскада с открытым коллектором датчика Холла, имеет рабочий цикл (скважность) обычно 70 %.
3	УПРАВЛЕНИЕ ЗАДЕРЖКОЙ	Среднее напряжение на конденсаторе С2, соединенного между выводом и землей зависит от частоты вращения двигателя и напряжения питания. Отношение между напряжениями U_{C2} и U_{C5} определяет синхронизацию управления задержкой. Рекомендуемое значение 100n, и 100K - резистор R11 на выводе 7. Для оптимизированной работы устройства, С2 = С5.
4	ТАЙМЕР УПРАВЛЕНИЯ ЗАДЕРЖКОЙ	Конденсатор С5, соединенный между этим выводом и землей заряжается, когда сигнал датчика Холла высок и разряжается при переходе сигнала с высокого на низкий. Рекомендуемое значение для С5 100n и 100K для резистора R11 на выводе 7.
5	ПИТАНИЕ ДАТЧИКА ХОЛЛА	Этот вывод может использоваться, чтобы защитить датчик Холла от переходных процессов напряжения. Резистор R_a ограничивает ток на внутреннем стабилитроне.
6	СИГНАЛ ВРЕМЕНИ УМЕНЬШЕНИЯ НАСЫЩЕННОСТИ (сигнал размагничивания)	Выходной сигнал с открытого коллектора. Этот сигнал имеет высокий уровень, когда выходной транзистор Дарлингтона находится в состоянии уменьшения насыщенности (текущее ограничение), см. t_d (рис. 5.13.)
7	ОПОРНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ	Резистор R11, соединенный между этим выводом и землей, устанавливает внутренний ток, управляет внешними конденсаторами управления задержкой (С2 и С5) и защитой от постоянной проводимости (С1). Рекомендуемое значение 100 К.
8	ТАЙМЕР ЗАЩИТЫ ОТ ПОСТОЯННОЙ ПРОВОДИМОСТИ	Конденсатор С1 соединенный между этим выводом и землей определяет задержку защиты от постоянной проводимости, t_{PC} (рис. 5.12). При С1 = 1 мкФ и R11 = 100 К, типичная задержка равна 1 с.
9*	ВЫХОД СИГНАЛА ЗАЩИТЫ ОТ ПОСТОЯННОЙ ПРОВОДИМОСТИ	Низкий уровень сигнала на этом выходе инициирует защиту от постоянной проводимости, как показано на рис. 5.14. Обычно продолжительность времени t_R больше чем 100 мкс.

№	Название	Функция
10*	СЧИТЫВАЮЩИЙ ВХОД (вход ограничения тока)	Вход ограничения тока катушки зажигания. Ток измеряется на резисторе Rs. Текущее значение ограничения расчитывается по формуле : $I_{sense} = U_{sense} \cdot R1 + R2/R_s \cdot R2$.
11*	ЗАЩИТА ДАМПА (вход схемы защиты по напряжению)	С помощью внешнего делителя R8/R9 порог защиты может быть изменен и расчитывается по формуле: (значение резистора R9 должно быть больше чем 4K0) $U_{Dth} = 8.5 \cdot (R8+R9/R9) + 5 \cdot 10^{-4} \cdot R8$.
12*	ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ	Вход питающего напряжения, обычно 7V. Стабилитрон установлен на входе. Внешний резистор R7 ограничивает ток через стабилитрон при высоких питающих напряжениях.
13	ОБЩИЙ (земля)	Этот вывод должен быть соединен с общим проводом.
14	КОЛЛЕКТОР ЗАДАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА (напряжение питания выходного каскада)	Ток коллектора для внутреннего задающего устройства, которое управляет внешним транзистором Дарлингтона, идет через этот вывод. Внешний резистор R10 ограничивает рассеивание I_c. Значение резистора зависит от используемого транзистора Дарлингтона и ограничения тока в катушке зажигания.
15	ВХОД ОГРАНИЧЕНИЯ ИМПУЛЬСА ОХ. (ограничение перенапряжения)	Выходной транзистор защищен от перенапряжения с помощью внутреннего стабилитрона, располагаемого на этом выводе. Внешний делитель R5/R6 определяет значение ограничения: $U_{ovp} = (30/R5 + 5 \cdot 10^{-3}) \cdot R6 + 30$.
16	ВЫХОД ЗАДАЮЩЕГО КАСКАДА (сигнал управления выходным транзистором)	Формирует ток управления для выходного транзистора Дарлингтона. Чтобы гарантировать устойчивость и точность T_{DESAT} (Cc и R9 должны использоваться). Рекомендуемое значение для R9 2K0, чтобы не изменять коэффициент усиления разомкнутого контура системы. Rc может быть добавлен к Cc для получения большей гибкости при различных условиях работы. Диапазоны Cc и Rc : 1 ÷ 100n и 5 ÷ 30K в зависимости от типа выходного транзистора.

Примечание. (*) Эти выводы относятся только к микросхеме в корпусе типа DIP-16. Для версии SO-16 -выходной сигнал возврата постоянной проводимости не используется и вывод 9 становится входом ограничения тока. Вывод 10 заменён выводом 11. Вывод 11 становится входом источника питания, и вывод 12 используется как общий сигнальный.

РАБОТА СХЕМЫ

L482 управляет временем задержки и максимальным значением тока в первичной цепи катушки зажигания во всем диапазоне условий эксплуатации. Ток катушки зажигания ограничен определенным уровнем с помощью схемы с отрицательной обратной связью, включающей считывающий резистор, компаратор, каскад возбуждения и выключатель питания.

Управляющая цепь задержки держит выходной каскад в активной области во время ограничения тока. Время, когда выходной каскад находится в активной области (время уменьшения насыщенности), достаточно чтобы компенсировать возможные вариации, для сохранения энергии при ускорении двигателя; кроме того оно ограничивается, чтобы избежать чрезмерного рассеивания мощности.

УМЕНЬШЕНИЕ ВРЕМЕНИ НАСЫЩЕННОСТИ В СТАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

В статических условиях, если C2 = C5 (как рекомендуется) и если используются значения схемы на рис. 5.10 и 5.12.

$$\frac{td}{T} = \frac{1}{1 + I_{3c} / I_{3o}}$$

УМЕНЬШЕНИЕ ВРЕМЕНИ НАСЫЩЕННОСТИ ПРИ НИЗКОЙ И ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЕ

При частоте ниже 10 Гц (300 оборотов в минуту для 4^{-x}-цилиндрового двигателя) время выключения достигает предельного значения (50ms) и затем схема постепенно теряет управление длительностью замкнутого состояния контактов прерывателя потому, что D = T - 50 мс.

При частоте выше 200 Гц (6000 оборотов в минуту для 4^{-x}-цилиндрового двигателя) полезное время для проводимости - меньше чем 3,5 мс.

Если используемая катушки зажигания имеет характеристики - 6 мГн, 6 А, время выключения уменьшено, чтобы установиться на нуль, и схема теряет управление длительностью замкнутого состояния контактов прерывателя.

ПЕРЕХОДНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Система зажигания должна поддерживать энергию постоянной даже во время ускорения и замедления оборотов двигателя ниже 80 Гц. Эти условия могут моделироваться с помощью сигнал-генератора с линейно модулируемой частотой между 1 Гц и 200 Гц (это соответствует изменению между 30 и 6000 оборотами в минуту для 4-цилиндрового двигателя.

УПРАВЛЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ЗАМКНУТОГО СОСТОЯНИЯ КОНТАКТОВ ПРЕРЫВАТЕЛЯ

Управляющая цепь длительности замкнутого состояния контактов прерывателя, определяет время проводимости D выходного транзистора относительно частоты вращения КВ, питающего напряжения и характеристик катушки зажигания. На отрицательном фронте входного сигнала датчика Холла конденсатор C2 начинает разряжаться с постоянным током I_{3D}. Когда максимальное значение тока катушки зажигания достигнуто, конденсатор заряжается постоянным током $I_{3C} = 13.3 \cdot I_{3D}$ и ток катушки зажигания сохраняется постоянным. Уменьшение насыщенности производится каскадом возбудителя и внешним транзистором Дарлингтона. Конденсатор C5 заряжается на положительном фронте входного сигнала датчика Холла постоянным током I_{4C}.

Длительность замкнутого состояния контактов прерывателя, и следовательно исходная точка момента поступления тока в катушку зажигания, определяется отношением между U_{C2} и U_{C5}. Положительный гистерезис добавлен к компаратору задержки, чтобы избежать побочных результатов, и C5 быстро разряжается на отрицательном фронте входного сигнала датчика Холла.

Таким образом среднее напряжение на C2 увеличивается, если частота вращения двигателя уменьшается и наоборот, чтобы поддерживать постоянным коэффициент td/T при любой частоте вращения двигателя.

Запаздывание сохраняется постоянным, чтобы управлять рассеянием энергии и иметь достаточно времени, чтобы избежать низких энергетических искровых разрядов, во время ускорения. Время запаздывания зависит от характеристик К3 и напряжения питания.

ОГРАНИЧЕНИЕ ТОКА

Ток в катушке зажигания проверяется измерением тока I_{SENSE}, текущим через индикаторный резистор считывания Rs на эмиттере выходного транзистора Дарлингтона. I_{SENSE} расчитывается по формуле:

$$I_{sense} = I_{coil} + I_{16}.$$

Когда падение напряжения через Rs достигает внутреннего порогового значения компаратора, контур обратной связи инициируется и I_{sense} сохраняется постоянным (рис. 5.13) форсируя переход внешнего транзистора Дарлингтона в активную область. При этом условии:

$$I_{sense} = I_{coil}.$$

Когда максимальный ток катушки зажигания заданный R5 необходимо изменить, используется вспомогательный делитель R1/R2:

$$I_{cpeak}(A) = U_{sense}/R_s \cdot (R1/R2 + 1).$$

СХЕМЫ ЗАЩИТЫ

ОГРАНИЧЕНИЕ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ ТРАНЗИСТОРА ДАРЛИНГТОНА

Транзистор Дарлингтона защищен от перенапряжения с помощью внешнего делителя R5/R6 (вывод 15) и внутреннего стабилитрона. Этот стабилитрон обеспечивает стабильное напряжение коллектора внешнего транзистора Дарлингтона.

ЗАЩИТА ДАМПА

Защита Дампа выдерживает нагрузку до 100 В со временем затухания ≤300 мс. Порог ограничения для нагрузки Дампа установлен с помощью внешнего делителя, соединенного с выводом 11 (DIP 16) или с выводом 10 (SO 16).

ЗАЩИТА ОТ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ИМПУЛЬСА

Если требуется правильная работа в течение коротких отрицательных импульсов, тогда должны быть использованы диод VDs и конденсатор Cs.

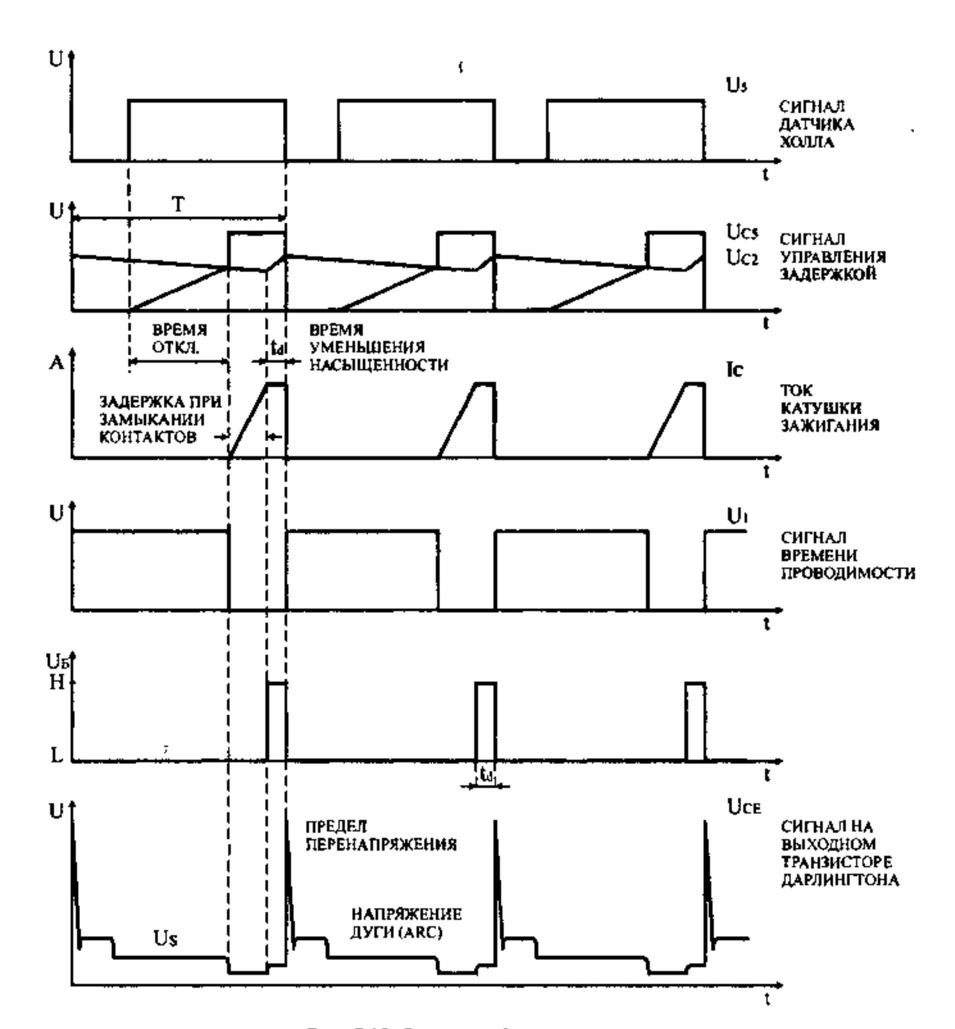


Рис. 5.13. Основные формы сигналов.

ЗАЩИТА ОТ ПОСТОЯННОЙ ПРОВОДИМОСТИ

Когда зажигание включено, а двигатель не работает, необходимо, чтобы не было никакой постоянной проводимости в катушке зажигания независимо от полярности входного сигнала.

L482 включает временное устройство, чтобы осуществить эту защиту: продолжительность действия определяется конденсатором C1 = 1 мкФ (вывод 8), и резистором R11 = 100 кОм.

Когда входной сигнал высок, ток катушки зажигания постепенно (больше чем 1s) уменьшается до нуля, чтобы избежать побочных искр (см. рис. 5.14). Эта синхронизация обеспечивает штатную работу модуля при частоте более чем 30 оборотов в минуту.

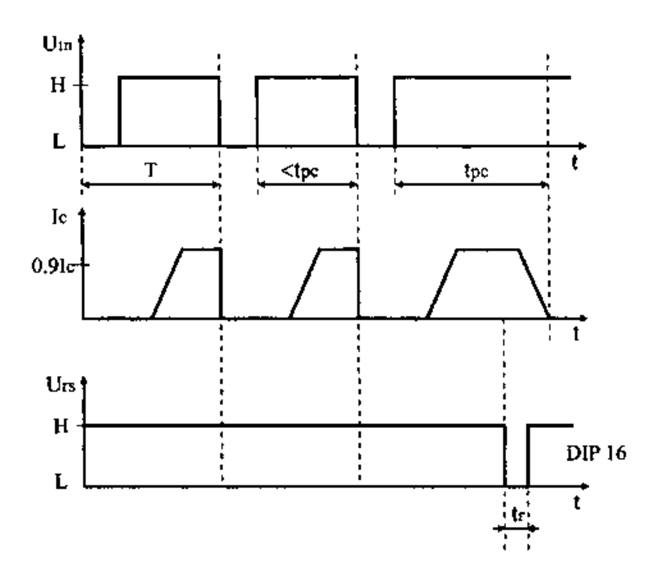


Рис. 5.14. Защита от постоянной проводимости при низкой частоте.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИС В ПРОГРЕССИВНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМАХ

Когда устройство с цифровым управлением в блоке управления передает соответствующий входной сигнал к модулю питания, принимая в свою очередь информацию, которая позволяет управлять задержкой и временем влючения выходного транзистора.

По этой причине L482 имеет следующие выходы:

- временной сигнал, равный времени, когда внешний транзистор Дарлингтона находится в активной области, т.е., когда ток катушки зажигания ограничен (V_{Ds}), как показано на рис. 5.13. Этот сигнал должен быть совместим с ТТЛ;
- выход временного устройства, совместимый с ТТЛ (U_{rs} на рис. 5.14). Этот импульс только для DIP 16, используется для защиты от переходных процессов при запуске рукояткой;
- временной сигнал, равный времени, когда внешний транзистор Дарлингтона, находится в состоянии включено (U_{ON}), т.е., когда ток проходит через катушку зажигания (см. рис. 5.13).

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Если питающее напряжение отключено, или провод батареи сломан (нарушен) - в то время, когда ток течет через катушку зажигания, внешний диод VD1 обеспечивает защиту устройства от рециркулирующего тока катушки зажигания: таким образом и устройство и транзистор Дарлингтона защищены.

3. L484 (DIP 16) / L484D1 (SO 16) - СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЗАЖИГАНИЕМ С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ДАТЧИКОМ

Выполняемые функции:

- Прямой запуск выходного транзистора Дарлингтона;
- Защита Дампа;
- Выход управления тахометром;
- Регулирование угла опережения зажигания;
- Ограничение максимального тока катушки зажигания;
- Защита от перенапряжений силового транзистора Дарлингтона;
- Возможность задержки искрового разряда (система антидетонации);
- Защита от неправильного (обратного) подключения аккумуляторной батареи.

ОПИСАНИЕ

L484 - интегральная микросхема, разработанная для использования с *n-p-n* транзистором Дарлингтона в бесконтактных системах зажигания с магнитными датчиками и высокоэнергетическими катушками зажигания.

Главная особенность L484 гибкость. Она может использоваться с широкой разновидностью электромагнитных датчиков по индивидуальному проекту. Имеет два входных контакта; первый - детектор прохождения через нуль для команды зажигания, и второй - используется, чтобы вычислить задержку при замыкании контактов. Кроме того другой контакт используется, чтобы адаптировать L484 к различным типам датчиков.

Другие особенности устройства включают защиту выходного транзистора Дарлингтона от перенапряжения, защита Дампа. Диапазон питающего напряжения 6 + 28 В.

РАБОТА СХЕМЫ

L484 управляет временной задержкой и пиковым (максимальным) значением тока в первичной цепи катушки зажигания во всем диапазоне условий эксплуатации. Ток катушки зажигания ограничен определенным уровнем с помощью схемы с отрицательной обратной связью, включающий считывающий резистор, компаратор, каскад возбуждения и выключатель питания.

Схема управления временной задержки держит выходной каскад в активной области в течении действия ограничения. Время действия выходного каскада в активной области (время уменьшения насыщенности), является достаточным чтобы компенсировать возможное изменение энергии, находящейся в резерве для ускорения двигателя, кроме того это время ограничено, чтобы избежать чрезмерного рассеивания мощности.

Табл. 5.7. Электрические характеристики (U_s = 14.4V, - 40 °C < Tj < +125 °C, если иначе не определено).

Символ	Параметр	Условие испытаний	Минимум	Обычно	Максимум	Единица
U_s	Напряжение питания		*6		28	V
U_{is}	Напряжение входного каскада (вывод 2 соединен с резистором 10K)		160	200	240	mV
U_{TH}	Напряжение при низких оборотах (низкий уровень RPM) (вывод2)		U_{is} = -30		U_{is} =+30	mV
U_{sense}	Напряжение считывания (вывод 1)	U_s = 6 + 16V	200		320	mV
U_{ZC}	Напряжение на выводе 8		3	20	60	mV
U_H	Гистерезисное напряжение (вывод 8)		100		200	mV
I_{7C} I_{7D} I_{7D}/I_{7C}	$C_{C\,WELL}$ Ток заряда $C_{D\,WELL}$ Ток разряда *Примечание 1	обороты низкие $U_{pick-up}$ = 0.5V вывод 6 не подключен	0.7 7 7		3 30 15	µA µA µA
I_{7C} I_{7D} I_{7D}/I_{7C}	$C_{C\,WELL}$ Ток заряда $C_{D\,WELL}$ Ток разряда *Примечание 2	обороты высокие $U_{pick-up}$ = 9V	8 13 0 7		33 44 3.2	µA µA µA
U_3 I_s	Пороговое напряжение Ток на выходе	T_{AMB} = 25°C *Примечание 3	0.85		4 3	V µA
U_{cp}	Непрерывное запрещение токовой защиты КЗ - низкий уровень (вывод 4)		0		0.7	V
$U_{CE\,sat}$	Напряжение насыщения ($U_{14\,16}$)	I_{14} = 150mA I_{14} = 50mA		0.4	1 0 6	V V
U_Z	Напряжение стабилитрона (вывод 11)	I_{11} = 140mA	6 5		8.8	V
U_{ovz}	Внешняя защита от перенапряжений транзистора Дарлингтона (напряжение стабилитрона)	T_{AMB} = 25°C I_{15} = 5 + 15mA	25		35	V
I_9	Ток на выходе (низкий уровень)	U_9 = 0V			3	mA
U_{CH}	Выходной сигнал тахометра (низкий уровень) (вывод 5)	Условие ON I_{SINK} = 0 5mA			0.7	V
I_{CH}	Ток утечки выхода (вывод 5)	Условие OFF U_s = 5V			10	µA

(*) Примечание:

1. td / T рассчитывается по формуле: $\frac{td}{T} = \frac{1}{1 + I_{7C} / I_{7D}}$.

2. $\frac{td}{T} = \frac{K}{1 + I_{7C} / I_{7D}}$, величина K зависит от используемого датчика, обычно K = 0 1.

3. Защита от постоянной проводимости гарантируется по всему температурному диапазону.

Табл. 5.8. Максимальные режимы работы.

Символ	Параметр	Значение	Единица
U_R	Обратное напряжение батареи	-14	V
U_D	Напряжение Дампа	100	V
P_{TOT}	Рассеиваемая мощность при T_{AMB} = +90 °C	0.75	W
T_j, T_{stg}	Диапазон температуры работы и хранения	- 55 + +150	°C

ЦОКОЛЕВКА



Рис. 5.15. Цоколевка L484.

Примечание. Назначение и расположение выводов L484D1 совпадает с L484.

ОБРАТНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ БАТАРЕИ И ЗАЩИТА ДАМПА

Цепочкой внешних резисторов R6, R7, R8, R10 устройство защищено от обратного включения. Защита Дампа выдерживает до 100 В со временем затухания 300 мс Порог для защиты Дампа установлен с помощью внешнего делителя, соединенного с выводом 11.

Табл. 5.9. Защита Дампа.

Символ	Параметр	Условие испытаний	Минимум	Обычно	Максимум	Единица
U_{VDZ}	кремниевый стабилитрон (вывод 12)	I_{12} = 2mA	7.5		9 5	V

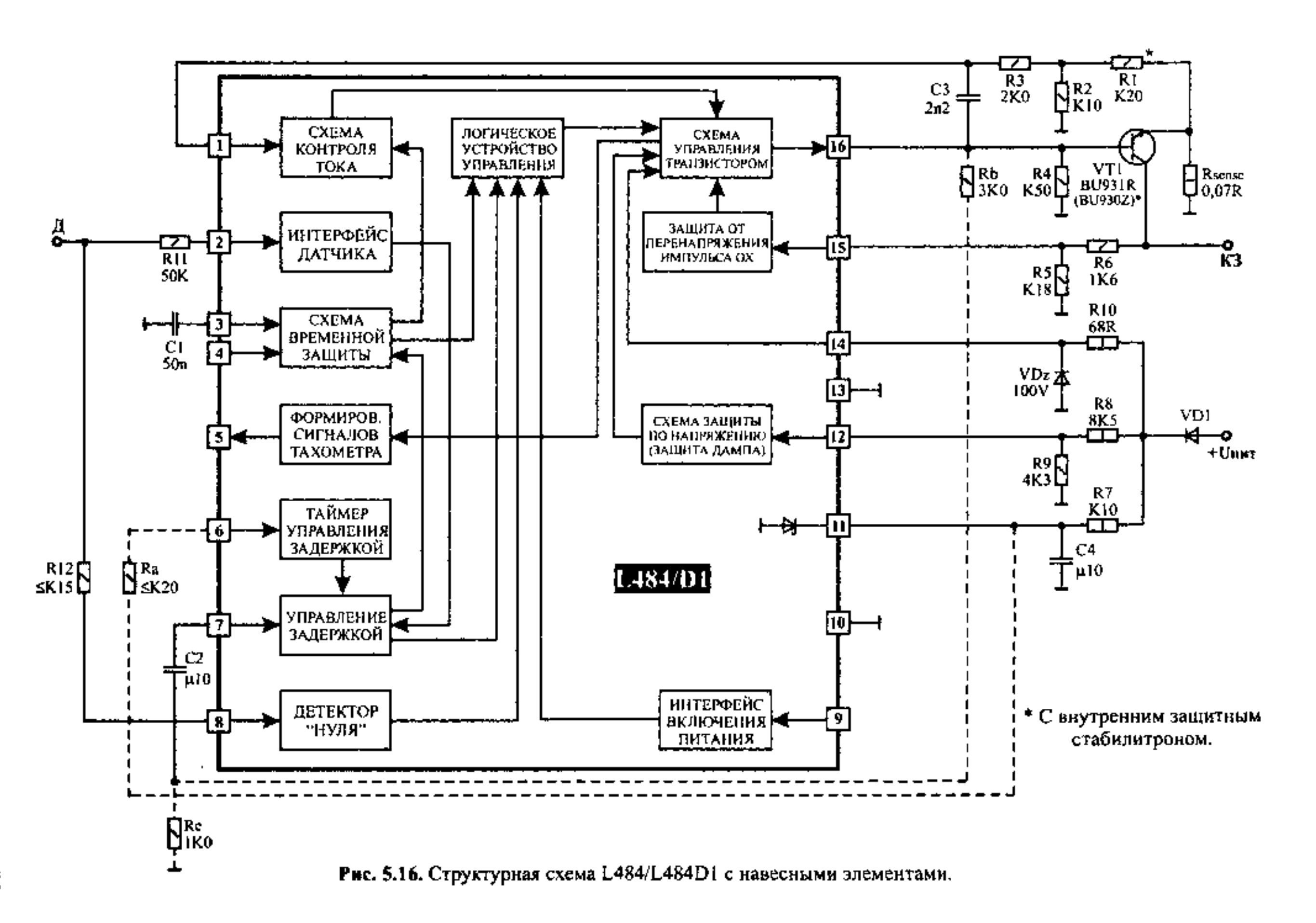


Рис. 5.16. Структурная схема L484/L484D1 с навесными элементами.

Табл. 5.10. Назначение выводов.

№	Название	Функция
1	СЧИТЫВАЮЩИЙ ВХОД ОГРАНИЧЕНИЯ ТОКА	Вход ограничения тока катушки. Ток измеряется на индикаторном резисторе R_{sense} и рассчитывается по формуле : $I_{sense} = R1 + R2/R_{sense} \cdot R2$.
2	ВХОД СИГНАЛА ДАТЧИКА	Вход сигнала электромагнитного датчика. Этот вывод устанавливает время покоя, то есть максимальную отрицательную величину пускового напряжения, начиная с которого устройство может ввести ток в катушку. Реальное время покоя - функция логического устройства управления временной задержки. Увеличение сопротивления резистора R11 приводит к увеличению времени покоя. Максимальный рекомендуемый ток на входе 2 мА.
3	ТАЙМЕР ЗАЩИТЫ ОТ ПОСТОЯННОЙ ПРОВОДИМОСТИ	Конденсатор C1 связанный между этим выводом и землей устаустанавливает задержку защиты от постоянной проводимости в токе катушки. При использовании конденсатора 50 нФ, типичная задержка уменьшения насыщенности 75 мс.
4	БЛОКИРОВКА ЗАЩИТЫ	Сигнал низкого уровня на этом входе (max 0.7 В), блокирует защиту, независимо от состояния вывода 3. Если защита используется, этот вывод должен быть отключен.
5	ВЫХОД СИГНАЛА ТАХОМЕТРА	Открывает коллекторный выходной сигнал, который находится в низком уровне, когда выходной транзистор находится в состоянии "ВКЛЮЧЕНО" (ON). Ток внутренне ограничен до 10 мА.
6	РЕГУЛИРУРОВАНИЕ ЗАДЕРЖКИ	При большой частоте вращения, т.е. когда пиковое значение сигнала датчика превышает 6 В, используется R12 = 100 кОм. Вывод может использоваться, чтобы изменить временную задержку.При добавлении резистора R_a между этим выводом и выводом 11 - время задержки понижается. Поэтому возможно использовать этот вывод, чтобы приспособить L484 к различным типам датчика Предельное (максимальное) значение резистора R_a = 200 кОм.
7	ТАЙМЕР УПРАВЛЕНИЯ ВРЕМЕННОЙ ЗАДЕРЖКОЙ	Конденсатор C2 связанный между этим выводом и землей устанавливает синхронизацию для управления временем задержки. Рекомендуемая величина 100n. Резисторы R_b, R_c образуют гистерезис, чтобы подтвердить состояние "ВКЛЮЧЕНО" и избежать побочных искр.
8	ВХОД ДЕТЕКТОРА НУЛЯ	Нулевой сигнал электромагнитного датчика подается на вход детектора нуля для приведения в действие зажигания. При большой частоте вращения, внешний резистор R12 может использоваться, чтобы изменить временную задержку, для приспособления L484 к различным формам сигнала датчиков. Уменьшение сопротивления резистора увеличивает задержку. Обычно диапазон величин для резистора R12 = 50 ÷ 150 кОм.
9	ВХОД СИГНАЛА ВКЛЮЧЕНИЯ	Низкий уровень сигнала на этом выводе вынуждает внешний транзистор открываться. Эта функция особенно полезна в антидетонирующей системе, потому, что обеспечивает искровую задержку. Так или иначе ограничение тока и другие защиты работают даже, когда сигнал на выводе 9 - в низком уровне. Если эта функция не используется, вывод должен быть отключен.
10	ЗАЗЕМЛЕНИЕ (сигнальный общий)	Этот вывод должен быть связан с землей.
11	ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ (внутренний стабилитрон)	Кремниевый стабилитрон ограничивает напряжение питания на входе до 7V. Внешний резистор R9 ограничивает его ток.
12	ЗАЩИТА ПО НАПРЯЖЕНИЮ (защита Дампа)	Защита Дампа создает условия для внутренней линии, и основана на использовании кремниевого стабилитрона. Посредством внешнего делителя R8/R9 порог защиты может быть изменен : $U_{Dth} = 8.5 \cdot (R8+R9/R9) + 5 \cdot 10^{-4} \cdot R8$. (величина резистора R9 должна быть выше чем 4 кОм).

№	Название	Функция
13	ЗАЗЕМЛЕНИЕ (общий)	Этот вывод должен быть связан с землей.
14	НАПРЯЖЕНИЕ ПИТАНИЯ	Ток коллектора для внутреннего задающего устройства, которое управляет внешним транзистором, задается через этот вывод.
	ВЫХОДНОГО КАСКАДА	Внешний резистор R10 ограничивает рассеивание Ic. Величина этого резистора зависит от используемого транзистора и тока ограничения в катушке.
15	ВХОД ОРГАНИЧЕНИЯ ИМПУЛЬСА ОХ. (ограничение перенапряжения)	Внешний транзистор защищен от перенапряжения с помощью внутреннего стабилитрона подключенного к этому выводу. Внешний делитель R5/R6 определяет величину ограничения, равную : $U_{ovp} = (30/R5 + 5 \cdot 10^{-3}) \cdot R6 + 30$.
16	ВЫХОД ЗАДАЮЩЕГО КАСКАДА (сигнал управления внешним транзистором)	Формирует сигнал для внешнего транзистора. Конденсатор ограничения C3 гарантирует стабильность выходного сигнала Емкость C3 обычно 2n2, эта величина зависит от используемого транзистора. C3 должен быть связан между этим выводом и считывающим входом (вывод 1).

УПРАВЛЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТЬЮ ЗАМКНУТОГО СОСТОЯНИЯ КОНТАКТОВ ПРЕРЫВАТЕЛЯ

Схема управления длительности замкнутого состояния контактов прерывателя определяет зависимость времени проводимости выходного транзистора от частоты вращения КВ двигателя, питающего напряжения и характеристик катушки зажигания.

В каждом цикле время функционирования транзистора в активной области сравнима с моментом времени в справочнике и сигналом рассогласования, усиленным, чтобы опережать или задержать проводимость в следующем цикле. Чтобы ограничить рассеивание мощности - уменьшите время, обычно 10 % периода Т.

При очень низких частотах порог включения установлен в 200 мВ входного сигнала и уменьшение времени главным образом определено максимальным уровнем сигнала. Этот положительный порог также защищает от постоянной проводимости, когда двигатель остановлен. Когда частота сигнала на входе увеличивается, управление временной задержки постепенно уменьшает время насыщенности до 10 % периода. При больших частотах порог включения становится отрицательным, чтобы разрешить угол проводимости больше чем 50 %, всегда уменьшая время насыщения к 10 % периода.

ОГРАНИЧЕНИЕ ТОКА

Ток в катушке зажигания определяется при измерении падения напряжения через соответствующий резистор в эмиттерной цепи мощного выходного транзистора. Когда пороговое напряжение (обычно 260 мВ) достигнуто, ток в катушке зажигания сохраняется постоянным за счет контура обратной связи.

ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ ВЫХОДНОГО ТРАНЗИСТОРА

Транзистор защищен от перенапряжения с помощью внешнего делителя R5/R6 (вывод 15) и внутреннего кремниевого стабилитрона.

СИГНАЛ УПРАВЛЕНИЯ ТАХОМЕТРОМ

Этот сигнал предназначен для управления тахометром (вывод 5). Он выходит из каскада с открытым коллектором, с током, внутренне ограниченным до 10 мА.

ВХОД СИГНАЛА "ВКЛЮЧЕНИЕ" (POWER ON)

Низкий уровень сигнала на выводе 9 вынуждает внешний транзистор открываться. Этот входной сигнал управления может использоваться вместе с временем проводимости (вывод 5), чтобы вычислить нормальное время покоя. Внешнее логическое управление используется, чтобы приспособиться к особенностям двигателя (как в антидетонирующей системе). Защита Дампа установлена с помощью внешнего делителя, связанного с выводом 11.

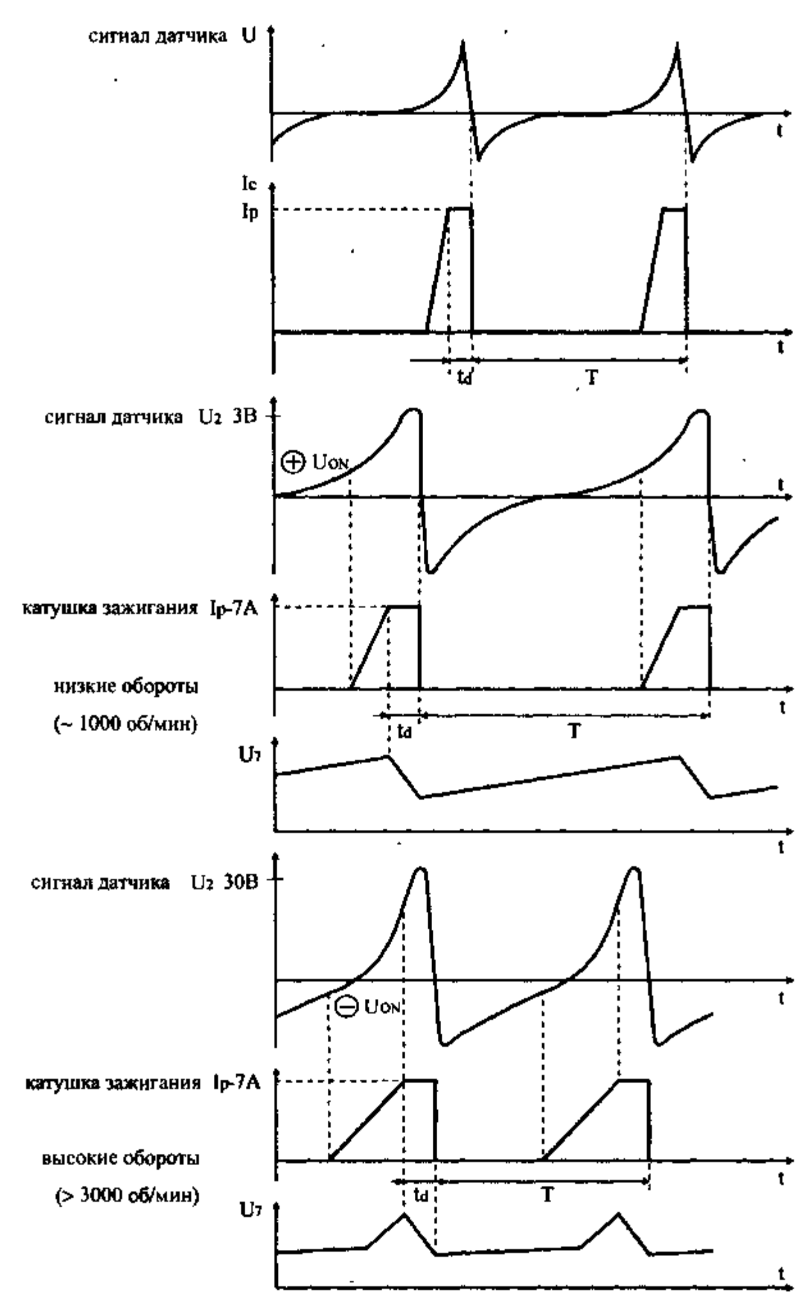


Рис. 5.17. Типичный сигнал датчика и реакция L484 при низкой и высокой частоте.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ДАТЧИКА

Типичные формы сигнала электромагнитного датчика показаны на рис. 5.17, амплитуда сигнала, является функцией частоты. Однако на рынке имеются много типов электромагнитных датчиков, которые могут отличаться формами сигнала. Регулировкой значения резистора R11 на выводе 2 и (или) при добавлении резистора Ra между выводом 6 (регулируется временная задержка) и выводом 11, возможно приспособить L484 к широкому диапазону форм сигнала электромагнитных датчиков.

Особенно с помощью резистора R11 на выводе 2 возможно установить максимальное опережение проводимости в катушке зажигания. Это очень полезно при высокой частоте сигналов датчика.

ЗАЩИТА ОТ ПОСТОЯННОЙ ПРОВОДИМОСТИ

Эта функция предназначена для того, чтобы предупредить постоянную проводимость тока на заключительном этапе, когда электромагнитный датчик открыт. Продолжительность действия,зависит от емкости конденсатора C1 на выводе 3. При заземлении выводов 3 или 4, защита отключится. Функция запрещения на выводе 4 особенно полезна, когда используется внешнее логическое управление, чтобы блокировать защиту от постоянной проводимости.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Если подача напряжения прекратится или провод батареи сломается, в то время как ток течет через катушку зажигания, внешний диод VD1 сдержит обратный ток катушки зажигания в устройство: в этом случае и устройство и транзистор защищены. Кремниевый стабилитрон VDz, соединенный между выводом 14 и землей, позволяет выдерживать положительные импульсы до 200 В.

4. МИКРОСХЕМЫ СЕРИИ К1401

К1401УД1 (аналог LM2900), К1401УД2А (Б) - (аналог LM224N, LM324N)

Микросхемы представляет собой счетверенные операционные усилители (ОУ).

Назначение выводов:

1, 7, 8, 14 - выходы;

3, 5, 10, 12 - неинвертирующие входы;

2, 6, 9, 13 - инвертирующие входы;

4 - питание (-Uип);

11 - питание (+Uип).

К1401УД1 работает от общих шин питания при U = 2 ÷ 15 В.

Максимально допустимый выходной ток $I_{вых.max}$ каждого усилителя зависит от схемы подключения нагрузки. При включении $R_н$ между выходом и положительным источником напряжения питания, $I_{вых.max}$ не должен превышать 1 мА, а при подключении $R_н$ к отрицательному источнику напряжения питания, $I_{вых.max} \leq 10$ мА. При работе ОУ от источника питающего напряжения + 5 В коэффициент усиления $K_{у.U} \geq 700$, и $U_{вых} \geq 2,8$ В. Ток потребления четырех ОУ, при $U_{пит} = \pm 15$ В и отсутствии входного сигнала, не превышает 8,5 мА. Максимально допустимая мощность рассеивания корпусом микросхемы не превышает 400 мВт.

К1401УД2 имеет такую же цоколевку, $U_{пит} = \pm1,5 \div \pm16,5$ В (для А) и $\pm 3 \div \pm16,5$ В (для Б) - обычно работает от $U_{пит} = +5$ В.

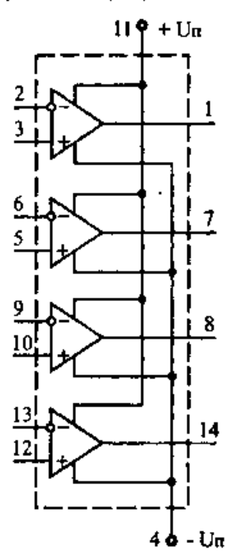


Рис. 5.18. Условное графическое обозначение К1401УД1, К1401УД2А (Б).

Табл. 5.11. Электрические параметры микросхем серии К1401.

Параметр			К1401УД1	К1401УД2А	К1401УД2Б
$U_{\text{нп}}$,	Напряжение источника питания.	В	15 ±10%	±15 ±10%	±15 ±10%
$U_{\text{см}}$,	Напряжение смещения нуля.	мВ		±5	± 7,5
$U_{\text{вых max}}$,	Максимальное выходное напряжение.	В	≤ 12,5	± 12	≤ 3
$I_{\text{вх}}$,	Входной ток.	нА	≤ 150	≤ 150	≤ 150
$I_{\text{пот}}$,	Ток потребления.	мА	≤ 8,5	≤0,7+3	≤ 2
$\Delta I_{\text{вх}}$,	Разность входных токов. нА ($R_{\text{вх}}$, кОм)		(100)	≤30	≤ 60
$K_{y.U}$	Коэффициент усиления напряжения		≥2000	≥50 000	≥ 25 000
$K_{\text{ос.сф}}$,	Коэффициент ослабления.	дБ		≥ 70	≥ 70
f,	Полоса пропускания.	МГц	2,5	2,5	2,5
$V_{U\text{вых}}$,		В/мкс	≥ 0,5	0,35	0,35
$\alpha_{U\text{см}}$,		мкВ/°С		≤ 30	≤ 30

5. МИКРОСХЕМА КР1006ВИ1 (аналог LM555)

Времязадающая схема (таймер), формирующая импульсы напряжения длительностью от нескольких микросекунд до десятков минут. Предназначена для использования в стабильных датчиках времени, генераторах-импульсов, широтно-импульсных и фазовых модуляторах, преобразователях напряжения, ключевых схемах, преобразователях сигналов, исполнительных устройствах.

Назначение выводов:

1 - общий; 2 - запуск; 3 - выход; 4 - сброс; 5 - контроль делителя; 6 - срабатывание; 7 - цепь разряда; 8 - питание (+ Uип).

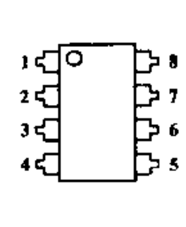


Рис. 5.19. Тип корпуса 2101.8-1.

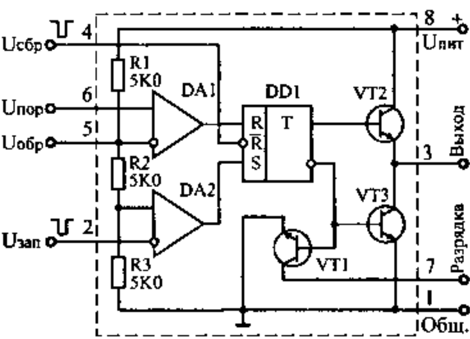


Рис. 5.20. Структурная схема КР1006ВИ1.

УКАЗАНИЯ К ПРИМЕНЕНИЮ

1. Запуск микросхемы происходит при $U'_{\text{вх}} \le U_{\text{нп}}/3$. Для устранения нестабильности запуска, создаваемой пульсациями напряжения источника питания, рекомендуется параллельно с источником питания, в непосредственной близости к выводам микросхемы, подключать конденсатор емкостью 1 ÷ 10 мкФ.

2. Максимальное напряжение сброса составляет 0,4 ÷ 1 В. Если вывод "сброс" не используется, то его следует подключать к плюсу источника питания.

3. Если вывод "контроль делителя" не используется, он должен быть замкнут на корпус через блокирующий конденсатор емкостью 0,01÷0,1 мкФ.

4. Минимальная длительность импульса, генерируемого таймером, составляет 20 мкс, а максимальная определяется параметрами внешних времязадающих элементов R и C.

5. Запрещается подавать на выводы 2, 4, 6, 7 напряжение, превышающее значение напряжения питания.

6. Допустимое значение статического потенциала 200 В.

Выходное сопротивление $R_{вых} = 10$ Ом. Остальные эксплуатационные параметры указаны в таблице.

Предельно допустимое напряжение питания - 4,5 + 16,5 В. Максимальный ток нагрузки - 100 мА. Наибольшая допустимая рассеиваемая мощность - 500 мВт; при температуре окружающей среды более 50°C, предельно допустимую мощность определяют по формуле:

$$P_{рас\ max} = 500 - 5 \cdot (T_{окр\ ср} - 50), \text{ мВт.}$$

Начальная погрешность δ_0 - это относительное отклонение длительности T_λ импульса ждущего мультивибратора на КР1006ВИ1 с внешними времязадающими элементами R и C от длительности T_0 импульса, определенной из выражения: $T_0 = R \cdot C \cdot \ln 3$.

Цоколевка таймера КР1006ВИ1 и его функциональная схема показаны на рис.5.19 и 5.20 делитель напряжения R1, R2, R3 формирует два значения образцового напряжения, подаваемого на входы двух компараторов. Компараторы DA1(высокого уровня) и DA2 (низкого уровня) служат для сравнения входных сигналов порогового ($U_{пор}$) и запускающего ($U_{зап}$) с образцовым ($U_{обр}$) напряжением. Наличие вывода 5 таймера позволяет контролировать значение образцового напряжения, а также изменять его подключением вывода 5 через резистор того или иного сопротивления либо к выводу 8 ($+U_{пит}$), либо к выводу 1 (общ).

Номинал резисторов R1, R2, R3 соответствует 5 кОм ±20%, но в каждом экземпляре таймера значение сопротивления равны между собой с погрешностью не более нескольких десятых долей процента, а также скомпенсированы по температуре.

Выходные сигналы компараторов управляют работой асинхронного RS-триггера DD1. Двухтактный усилитель на транзисторах VT2,VT3 усиливает выходной сигнал триггера. Если на выходе $U_{зап}$ действует напряжение меньше $U_{пит}/3$, а на входе $U_{пор}$ - меньше $2U_{пит}/3$, то на выходе (выход 3) установится уровень логического 0. Если же на вход $U_{зап}$ подать напряжение ,большее $U_{пит}/3$, а на вход $U_{пор}$ - большее $2U_{пит}/3$, то на выходе будет уровень 1 ($U_{пит}$ - 2,5 В). При установлении на входе $U_{зап}$ напряжения больше $U_{пит}/3$, а на входе $U_{пор}$ - меньше $2U_{пит}/3$ выходной уровень не изменится.

Внешний вход $U_{сбр}$ (вывод 4) триггера DD1 позволяет прерывать действие таймера независимо от уровня напряжения на входах $U_{пор}$ и $U_{зап}$. Для надежного переключения триггера на вход $U_{сбр}$ надо подать напряжение не более 0,4 В. При напряжении, большем 1 В, вход закрыт.

Усилитель на транзисторах VT2, VT3 обеспечивает необходимую выходную мощность таймера. Она достаточна для непосредственного подключения к выходу электромагнитного реле.

Микросхема КР1006ВИ1 становится устройством, способным формировать временные интервалы, после подключения к ней внешних времязадающих цепей. В качестве примера на рис. 5.21-а показана схема ждущего мультивибратора. Здесь элементы R1 и C1 составляют времязадающую цепь; конденсатор C2 - вспомогательный, защищающий формирователь образцового напряжения R1, R2, R3 (рис. 5.20) от помех и пульсаций, которые проникают со стороны источника питания.

Для того, чтобы разряжать времязадающий конденсатор в каждом цикле формирования импульса, в таймере предусмотрен разрядный транзистор VT1 с открытым коллектором. Коллектор этого транзистора (вывод 7) соединяют с конденсатором времязадающей цепи, как показано на рис. 5.21. Разрядный транзистор открыт, если на выходе таймера (вывод 3) установился низкий уровень напряжения. Наибольшее допустимое сопротивление резистора R1 времязадающей цепи 10 МОм.

На рис. 5.23 показана зависимость потребляемого микросхемой тока $I_{потр}$ от $U_{пит}$.

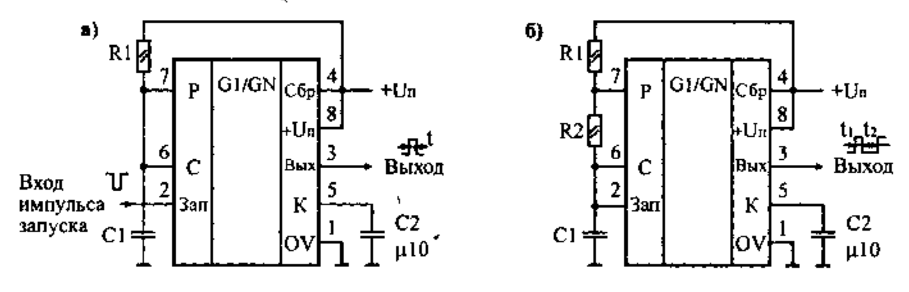


Рис. 5.21. Схемы включения КР1006ВИ1 в режиме генератора:
а - в ждущем режиме; б - в режиме автогенерации.

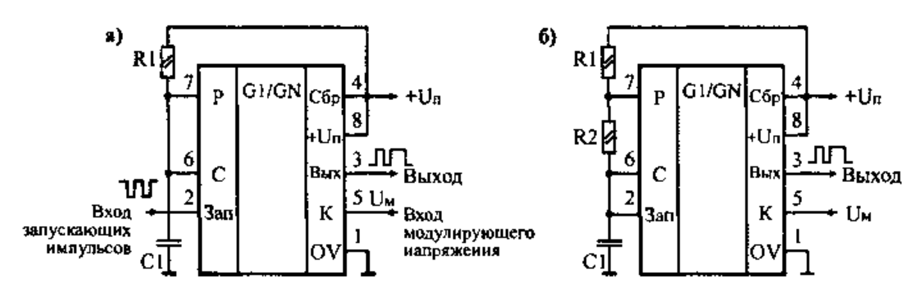


Рис. 5.22. Принципиальные схемы модуляторов на КР1006ВИ1:
а - широтно-импульсного; б - фазо-импульсного.

Табл. 5.12. Параметры ИМС КР1006ВИ1.

Параметры (T = +25°C)	Режим измерения				Значение
	$U_{ип}$, В	$U_{пор}$, В	$U_{зап}$, В	$I_н$, мА	
$U_{нп}$, Напряжение источника питания, В					5 + 15
$U^0_{вых}$, Выходное напряжение низкого уровня. В	15	11,5 + 14	7 + 9,5	100	2,5
	5	3,7 + 4,7	2,3 + 3	5	0,35
$U^1_{вых}$, Выходное напряжение высокого уровня. В	15	5,5 + 8	0,7 + 1,5	100	≥12,5
	5	1,8 + 2,8	0,3 + 0,8	100	≥2,75
$I_{пот}$, мА Ток потребления.	15	11,5 ÷ 14	7 + 9,5		≤15
	5	3,7 + 4,7	2,3 +3,3		≤6
$I_{сбр}$, Ток сигнала сброса. мА	15	5,5 + 8	0,7 + 1,5		≤1,5
$I_{вх}$, Входной ток. мкА	15	5,5 + 8			≤2
$I_{срб}$, нА					250
$t^{0,1}_{вых}$, $t^{1,0}_{вых}$, Время нарастания и время спада выходного импульса. нс					300

Примечание.

Начальная погрешность в генераторном режиме при $U_{нп}$ = 15 В ≤ 3 %. Нестабильность начальной погрешности в генераторном режиме от напряжения питания при $U_{нп}$ = 15 В не более 0,3%.

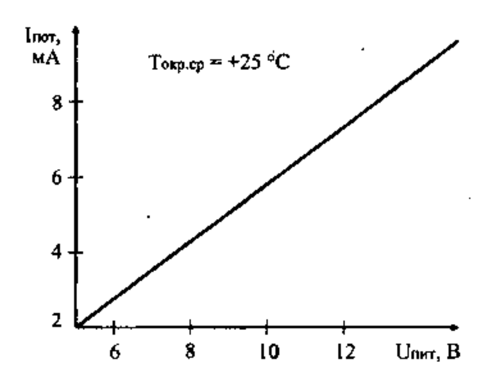


Рис. 5.23. Зависимость потребляомого микросхемой тока от напряжения питания.

6. МИКРОСХЕМЫ СЕРИИ К554

К554САЗ (К554СА301, КР554СА3, К521СА3 - аналог LM311N)

Микросхема представляет собой компаратор напряжения с малыми входными токами и высокой чувствительностью.

Назначение выводов:

2 (1) - эмиттерный вход;
3 (2) - неинвертирующий вход;
4 (3) - инвертирующий вход;
6 (4) - питание (- $U_{ип2}$);
7 (5) - балансировка;
8 (6) - стробирование, балансировка;
9 (7) - коллекторный выход;
11(8) - питание (+$U_{ип1}$).

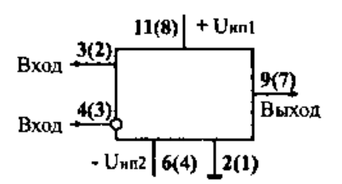


Рис. 5.24. Условное графическое обозначение К554СА3А (Б).

Примечание.

В скобках указана нумерация выводов для микросхем в 8-выводном корпусе (рис. 5.19 - тип корпуса 2101.8-1).

Табл. 5.13. Максимальные режимы работы.

Символ	Параметр	Значение	Единица
U_{6-11}	Напряжение между выводами 6 и 11	4,5 ÷ 33	В
$U_{вх\ сф}$	Синфазное входное напряжение	±15	В
$U_{вх\ max}$	Предельное входное напряжение	30	В
U_{2-9}	Напряжение между выводами 2 и 9	33	В
P_{max}	Мощность рассеивания при T = +75°C	500	мВт

Табл. 5.14. Параметры ИМС К554СА3.

Символ	Параметр	К554СА3А	К554СА3Б	Режим измерения
$U_{ип1}$, В	Напряжение источника питания	+15 ±1,5	+15 ±1,5	-
$U_{ип2}$, В	Напряжение источника питания	-15 ±1,5	-15 ±1,5	-
$I_{пот1}$, мА	Ток потребления	≤ 6	≤ 7,5	1
$I_{пот2}$, мА	Ток потребления	≤ 5	≤ 5	2
$U_{см}$, мВ	Напряжение смещения нуля	≤ 3	≤ 7,5	3
$I_{вх\ ср}$, нА	Входной ток	≤ 100	≤ 250	-
$\Delta I_{вх}$, нА	Разность входных токов	≤ 0,01	≤ 0,05	-
K_{yU},	Коэффициент усиления напряжения	≤ 1,5 · 10^5	≤ 1,5 · 10^5	4, 5
$U_{ост}$, в	Остаточное напряжение	≤ 1,5	≤ 1,5	1, 6
$t^{01}_{зд}$, нс	Время задержки при включении	300	300	1, 6

Режим измерения:

1 - $U_{вх}$ = 0,01 В; **2** - $U_{вх}$ = - 0,01 В; **3** - $R_г$ = 50 кОм; **4** - $R_н$ = 10 кОм; **5** - $U_{вых}$ = ± 10 В; **6** - $I_в$ = 50 мА.

7. N-P-N ТРАНЗИСТОРЫ ДАРЛИНГТОНА
BU941Z (TO-3) / BU941ZP (TO-218) / BU941ZPFI (ISOWATT-218) - ЗАДАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО КАТУШКИ ЗАЖИГАНИЯ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

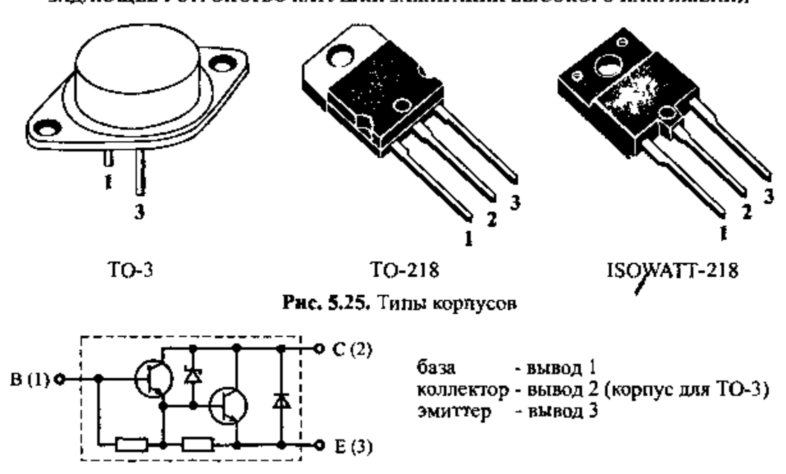


Рис. 5.25. Типы корпусов

Рис. 5.26. Внутренняя принципиальная схема

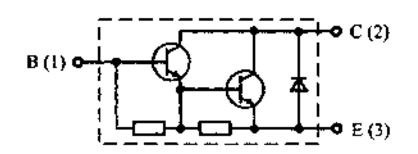
Табл. 5.15. Максимальные режимы работы.

Символ	Параметр	Значение			Единица
		BU941Z	BU941ZP	BUB941ZPFI	
U_{CEO}	Напряжение эмиттер- коллектор ($I_B = 0$)	350			V
U_{EBO}	Напряжение эмиттер- база ($I_C = 0$)	5			V
I_C	Ток коллектора	15			A
$I_{C\,MAX}$	Пиковое значение тока коллектора	30			A
I_B	Ток базы	1			A
$I_{B\,MAX}$	Пиковое значение тока базы	5			A
P_{TOT}	Макс. мощность коллектора (T = +25°C)	180	155	65	W
T_J	Максимальная рабочая температура перехода	+200	+175	+175	°C

Табл. 5.16. Электрические характеристики (T = +25 °C если иначе не определено)

Символ	Параметр	Условие испытаний	Минимум	Обычно	Максимум	Единица
I_{CEO}	Ток отключения коллектора ($I_B = 0$)	U_{CE} = 300V			100	µA
		U_{CE}=300V, T_J=125°C			0.5	mA
I_{EBO}	Ток отключения эмиттера ($I_C = 0$)	U_{EB} = 5V			20	mA
U_{CL}*	Граничное напряжение	I_C = 100 mA	350		500	V
U_F	Прямое напряжение диода	I_F = 10A			2.5	V
$U_{CE(SAT)}$*	Напряжение насыщения коллектор-эмиттер	I_C = 8A, I_B = 100mA			1.8	V
		I_C = 10A, I_B = 250mA			1.8	V
		I_C = 12A, I_B = 300mA			2	V
$U_{BE(SAT)}$*	Напряжение насыщения база-эмиттер	I_C = 8A, I_B = 100mA			1.8	V
		I_C = 10A, I_B = 250mA			1.8	V
		I_C = 12A, I_B = 300mA			2	V
	ИНДУКТИВНАЯ НАГРУЗКА	U_{CC} = 12V, L = 7mH				
t_S	Время накопления	U_{BE} = 0, R_{BE} = 47R		15		µs
t_F	Время затухания	I_C = 7A, I_B = 70mA		0,5		µs
		U_{CLAMP} = 300V				
h_{FE}*	Коэффициент усиления по току	I_C = 5A, U_{CE} = 10V	300			

8. BU931Z (TO-3) / BU931ZP (TO-218) / BU931ZPFI (ISOWATT-218) - N-P-N ТРАНЗИСТОРЫ ДАРЛИНГТОНА - ЗАДАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО КАТУШКИ ЗАЖИГАНИЯ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ



база - вывод 1
коллектор - вывод 2 (корпус для ТО-3)
эмиттер - вывод 3

Рис. 5.27. Внутренняя принципиальная схема транзистора Дарлингтона.

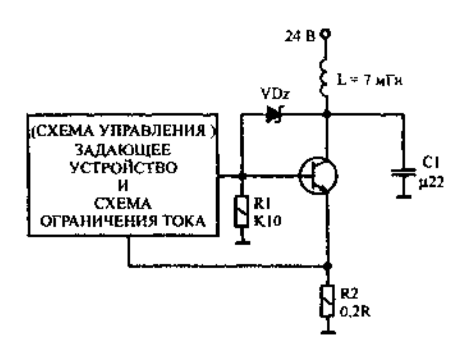
Табл. 5.17. Максимальные режимы работы.

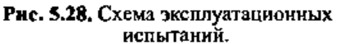
Символ	Параметр	Значение			Единица
		BU931Z	BU931ZP	BUB931ZPFI	
U_{CES}	Напряжение эмиттер-коллектор (U_{BE} = 0)	500			V
U_{CEO}	Напряжение эмиттер-коллектор (I_B = 0)	400			V
U_{EBO}	Напряжение эмиттер-база (I_C = 0)	5			V
I_C	Ток коллектора	15			A
$I_{C\,MAX}$	Пиковое значение тока коллектора	30			A
I_B	Ток базы	1			A
$I_{B\,MAX}$	Пиковое значение тока базы	5			A
P_{TOT}	Макс мощность коллектора (T = +25°C)	175	150	60	W
T_J	Максимальная рабочая температура перехода	+200	+175	+175	°C

Табл. 5.18. Электрические характеристики (T = +25 °C если иначе не определено).

Символ	Параметр	Условие испытаний	Минимум	Обычно	Максимум	Единица
I_{CEO}	Ток отключения коллектора (U_{BE}=0)	U_{CE} = 500V U_{CE}=500V, T_J=125°C			100 0.5	μA mA
I_{CEO}	Ток отключения коллектора (I_B=0)	U_{CE} = 450V U_{CE}=450V, T_J=125°C			100 0.5	μA mA
I_{EBO}	Ток отключения эмиттера (I_C = 0)	U_{EB} = 5V			20	mA
U_F	Прямое напряжение диода	I_F = 10A			2.5	V
$U_{CE(SUS)}$*	Поддержка напряжения коллектор-эмиттер	I_C = 100mA U_C = 400V, L = 10mH	400			V
$U_{CE(SAT)}$*	Напряжение насыщения коллектор-эмиттер	I_C = 7A, I_B = 70mA I_C = 8A, I_B = 100mA I_C = 10A, I_B = 250mA			1.6 1.8 1.8	V V V
$U_{BE(SAT)}$*	Напряжение насыщения база-эмиттер	I_C = 7A, I_B = 70mA I_C = 8A, I_B = 100mA I_C = 10A, I_B = 250mA			2.2 2.4 2.5	V V V
 t_s t_f	ИНДУКТИВНАЯ НАГРУЗКА Время накопления * Время затухания	U_{CC} = 12V, L = 7mH U_{BE} = 0, R_{BE} = 47R I_C = 7A, I_B = 70mA U_{CLAMP} = 300V		 15 0,5		 μs μs
h_{FE}*	Коэффициент усиления по току	I_C = 5A, U_{CE} = 10V	300			
	Эксплуатационные испытания (см рис. 5.28)	U_{CC} = 24V, L = 7mH U_{CLAMP} = 400V	8			A

Примечание. * Длительность импульса = 300μS, рабочий цикл 1,5 %.




Рис. 5.28. Схема эксплуатационных испытаний.

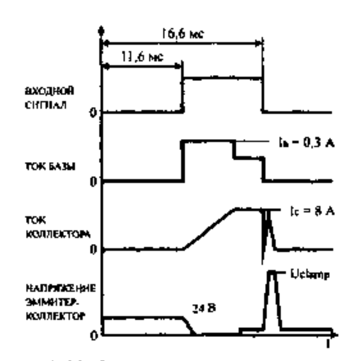


Рис. 5.29. Эксплуатационные испытания на соответствие формы сигналов.

Примечание. Импортные транзисторы BU941Z/ZP/ZPF1, BU931Z/ZP/ZPF1/RPF1, BU930 можно заменить на отечественные КТ898А/А1, КТ8232А2, КТ897А (С97А) и другие (см. раздел справочные данные), или на два включенных по схеме Дарлингтона (см. табл. 5.19. и рис. 5.30).

Табл. 5.19. Транзисторная пара, включенная по схеме Дарлингтона.

Транзисторная пара		Сопротивление резисторов		Диод
VT1	VT2	R1	R2	VD1
КТ809А	КТ828А	К10	К10	КД209А
КТ812А	КТ828А	К10	К20	
КТ809А	КТ840А	К10	К10	
КТ826А	КТ812А	К51	К22	
КТ812А	КТ812А	43R	10R	

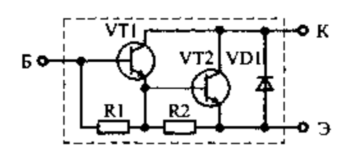


Рис. 5.30. Включение двух транзисторов по схеме Дарлингтона.

Примечание. Применение составных транзисторов Дарлингтона всеже не решает полностью проблему надежности электронных блоков зажигания. Многие автолюбители знают, что вывести из строя коммутатор может соскочивший со свечи высоковольтный провод. Оконечный силовой каскад блоков зажигания работает в очень напряженном электрическом и тепловом режиме.

Ни полевые, ни биполярные транзисторы не дают полной гарантии безотказной работы во всех режимах работы, особенно в аварийных.

MOSFET транзисторы, появившиеся в 80-х годах, имели характеристики, близкими к характеристикам идеального ключа и являлись наиболее популярными ключевыми элементами. Однако оказалось, что главным параметром, ограничивающим область их применения, является напряжение стока. Высоковольтных МОП-транзисторов с достаточно хорошими характеристиками создать пока не удаётся, так как сопротивление открытого МОП ПТ растёт пропорционально квадрату пробивного напряжения. Кроме того, кристаллы высоковольтных МОП ПТ имеют большую площадь и, соответственно, большую стоимость, чем у биполярных транзисторов. Но многие фирмы продолжают работать над созданием высоковольтных полевых транзисторов.

В частности выпускаются транзисторы по BIMOSFET технологии, рассчитанные на рабочее напряжение до 1600 В. Однако напряжение насыщения у них составляет 7 В, соответственно и рассеиваемая на них статическая мощность оказывается недопустимо большой.

9. IGBT ТРАНЗИСТОРЫ

В середине 80-х годов возникла идея создания биполярного транзистора с МОП-управлением, названного IGBT - Insulated Gate Bipolar Transistor. В 90 ÷ 91 году они появились в каталогах ряда фирм. Самыми сильными разработчиками IGBT транзисторов на сегодняшний день являются International Rectifier, IXYS, Siemens, Advanced Power Technology (APT).

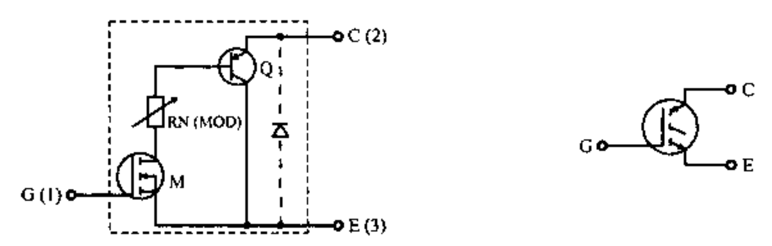


Рис. 5.31. Внутренняя принципиальная схема. **Рис. 5.32.** Условное графическое обозначение.

Структурно IGBT представляет собой P-N-P транзистор (Q), управляемый от низковольтного МОП-транзистора с индуцированным каналом (M) через высоковольтный N-канальный полевой транзистор. N-канальный транзистор на структурной схеме (рис. 5.31) показан в виде нелинейного резистора RN (MOD). Такую структуру приводит в своей документации фирма Toshiba. Новая технология позволила соединить в одном элементе достоинства полевых и биполярных транзисторов. У IGBT практически отсутствуют входные токи, они имеют отличные динамические характеристики, не уступающие (на частотах до 20 ÷ 50 кГц) характеристикам MOSFET. В то же время потери у них растут пропорционально току, а не квадрату тока, как у полевых транзисторов. Максимальное напряжение IGBT ограничено только технологическим пробоем, и уже сегодня выпускаются транзисторы с рабочим напряжением свыше 2000 В. При этом напряжение насыщения у них не превышает 2 ÷ 3 В в рабочих режимах. Основным недостатком IGBT транзисторов пока остаются динамические потери на высоких частотах, обусловленные эффектом так называемого "хвоста" - остаточным током биполярного транзистора. Это несколько снижает допустимый ток коллектора на частотах выше 10 кГц. Однако для силовых каскадов блоков электронного зажигания, где рабочие частоты не превышают 200 ÷ 300 Гц, на сегодняшний день транзисторы IGBT подходят более других элементов. Поскольку напряжение насыщения IGBT транзисторов ниже в 2 ÷ 3 раза, то соответственно у них будут меньшие потери мощности, температура перегрева и выше ресурс.

Как правило, энергия в системах электронного зажигания запасается в индуктивности катушки зажигания или накопительном конденсаторе. Первый способ реализован в "классике" и в большинстве современных систем зажигания, например в ВАЗ-2108, 2109. Первичная обмотка катушки зажигания в этих машинах имеет низкое сопротивление (около 0,5 R), и стабилизация тока при колебаниях напряжения аккумулятора не представляет трудности. Энергия, запасённая в индуктивности Eind, выражается следующим соотношением:

$$Eind = L \cdot I^2/2,$$

где L - индуктивность первичной обмотки катушки зажигания, I - ток.

Индуктивность выбирается так, чтобы ток в катушке успевал нарасти до необходимого значения при максимальной частоте вращения коленчатого вала, составляющей 200 Гц при 6000 об/мин. Ток стабилизируется на уровне, обеспечивающем требуемую энергию искры. Описанная система зажигания является наиболее распространённой среди серийных, поскольку имеет возможность интегрального исполнения. Однако она имеет и свои недостатки, главным из которых является неэффективная её работа с высокоомной катушкой и невысокая скорость нарастания напряжения. Кроме того, в подобной системе напряжение на транзисторе определяется напряжением вторичного пробоя в зазоре свечи, и опасность выхода из строя высоковольтного транзистора довольно велика.

В машинах с классической схемой зажигания, где искра формируется за счёт прерывания тока в достаточно высокоомной катушке механическим прерывателем, проблем ещё больше.

Дело в том. что RL параметры катушки должны удовлетворять противоречивым требованиям. Во-первых, активное сопротивление R должно ограничивать ток на уровне, достаточном для накопления необходимого количества энергии при пуске, когда напряжение аккумулятора может упасть в 1,5 раза. С другой стороны, слишком большой ток приводит к преждевременному выходу из строя контактной группы. Во-вторых, для увеличения количества запасённой энергии необходимо увеличивать индуктивность катушки. При этом с ростом оборотов ток в катушке не успевает достигнуть номинального значения, и энергия искры, пропорциональная квадрату тока, резко снижается. Например, в системах зажигания ВАЗ-2101 - 2107 при частоте вращения коленчатого вала 6000 об/мин ток разрыва катушки падает в полтора раза, а мощность, соответственно, более чем в два, что приводит к повышенному расходу топлива. Сказанное иллюстрируется эпюрами, приведенными на рис. 5.33, где (снизу вверх) показаны напряжение на контакте прерывателя, ток катушки и запасённая энергия. Все эпюры получены при моделировании электронных схем систем зажигания с помощью программы PSPICE. Из графиков видно, что при увеличении частоты вращения вала с 1500 об/мин до 6000 об/мин (что соответствует частоте искрообразования 50 Гц и 200 Гц) запасенная в катушке энергия падает с 50 мДж до 20 мДж.

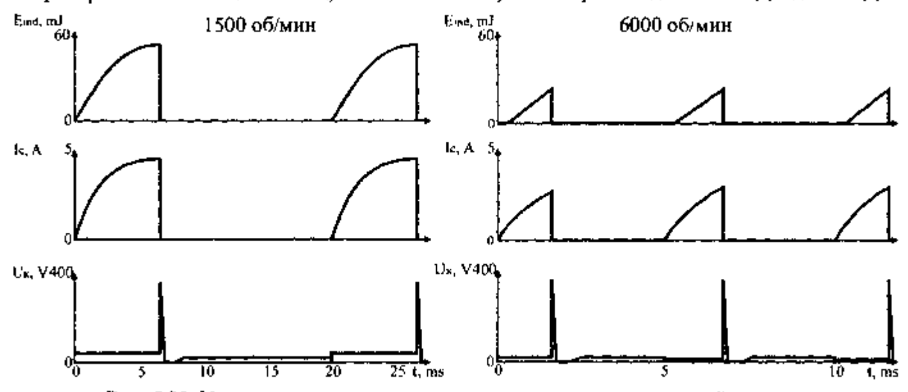


Рис. 5.33. Накопление энергии в катушке зажигания при различной частоте.

Наиболее полно преимущества электронной системы зажигания проявляются в конденсаторной системе с непрерывным накоплением энергии. Подобные устройства отвечают большинству требований, предъявляемых к системе зажигания. Однако их массовому распространению препятствует наличие в схеме высоковольтного импульсного трансформатора, изготовление которого представляет известную сложность.

В схеме с непрерывным накоплением энергии высоковольтный конденсатор постоянно подзаряжается от вспомогательного генератора, силовой транзистор подключает заряженный конденсатор к первичной обмотке катушки зажигания, а катушка используется только как трансформатор. Энергию, запасённую в конденсаторе Есар, можно определить следующим образом:

$$E_{cap} = C \cdot U2/2,$$

где С - емкость, а U - напряжение на конденсаторе, которое выбирается исходя из требований к напряжению вторичного пробоя.

Обычно напряжение на первичной обмотке КЗ нормируется на уровне 350 ÷ 400 В. Наличие высокочастотного генератора и стабилизация напряжения делает величину запасаемой энергии независимой от напряжения аккумулятора и частоты вращения вала. Такая структура получается гораздо более экономичной, чем при накоплении энергии в индуктивности, так как ток через силовой транзистор и первичную обмотку катушки течет только в момент искрообразования. Кроме того, высоковольтное напряжение на транзисторе стабилизировано и не зависит от напряжения вторичного пробоя, как в индуктивных системах, что повышает надежность работы силового транзистора.

На рис. 5.34 приведена принципиальная схема блока электронного зажигания с непрерывным накоплением энергии и стабилизацией выходного напряжения. Подзарядка накопительного конденсатора С7 производится от импульсного высоковольтного трансформатора ТИ1 (сердечник - 40х25х12 из электротехнической стали Э350 с зазором 0,5 мм; обмотки: L1 - 60 витков провода ПЭВ-2, диаметром 0,56 мм; L2 - 600 витков провода ПЭВ-2, диаметром 0,1 мм),

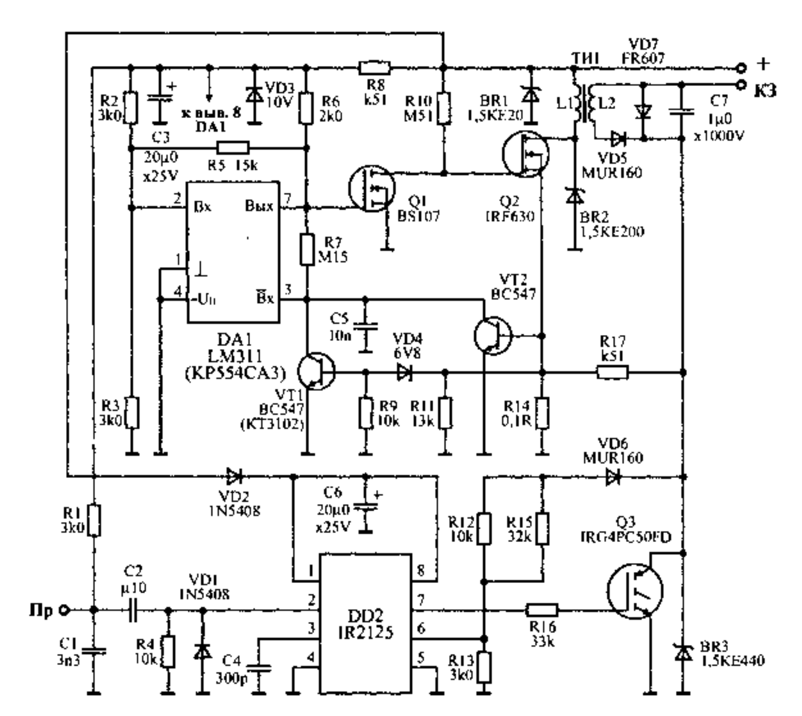


Рис. 5.34. Принципиальная схема блока электронного зажигания

управляемого автоколебательным генератором. Генератор собран по схеме мультивибратора на компараторе DA1 (LM311 - аналог КР554СА3). Генератор отключается при открывании транзистора VT1 по цепи обратной связи при достижении напряжения на конденсаторе заданного значения. Напряжение стабилизации задается стабилитроном VD4 и делителем R11, R17. Такой способ регулирования напряжения повышает экономичность схемы, так как заряд конденсатора происходит сразу после искрообразования, после чего генератор работает в режиме низкочастотного подзаряда, практически не потребляя энергии. При емкости накопителя С7 = 1 мкФ и напряжении 350 В, энергия искры в соответствии с приведенной выше формулой составляет около 60 мДж.

На рис. 5.35 показано напряжение на накопительном конденсаторе и запасенная в нем энергия при частоте вращения коленчатого вала 1500 об/мин и 6000об/мин. Из эпюр видно, что запасенная энергия, составляющая около 60 мДж, практически не изменяется. Не зависит она также и от напряжения аккумулятора благодаря стабилизации напряжения на конденсаторе.

Импульсы с прерывателя или бесконтактного датчика поступают на вход блока, дифференцируется цепочкой С2, R4 и нормируются триггером Шмидта, входящим в состав микросхемы DD2. Таким образом вырабатывается пусковой импульс фиксированной длительности (около 1 мс), открывающий IGBT транзистор Q3, в результате чего происходит сброс энергии в катушку зажигания. Задачу формирования пускового импульса, управления силовым транзистором и защиту его от перегрузки выполняет специализированная микросхема-драйвер DD2 - IR2125.

В данной схеме защита организована по напряжению насыщения транзистора, которое пропорционально току коллектора. Такая защита не требует использования мощного резистора в цепи эмиттера транзистора, создающего дополнительные потери. При включении транзистора сумма прямого падения напряжения на диоде VD7 и на открытом транзисторе Q3 через делитель R13, R15 поступает на вход защиты. Если это напряжение превышает пороговый уровень (0,24 В), транзистор отключается.

Драйвер выполняет еще одну очень важную функцию. Для полного открывания IGBT транзистора на его затвор необходимо подать напряжение не менее 10 В. В противном случае он

может перейти в линейный режим, при котором резко возрастают потери мощности и транзистор может выйти из строя. Такая ситуация возможна при падении напряжения аккумулятора (например, при работе стартера). При этом питание выходного каскада драйвера осуществляется от так называемой бутстрепной емкости С6, которая заряжается через диод VD2. Поскольку токи управления очень малы, емкости 20 мкФ хватает для управления транзистором в течение около 5с. При падении напряжения на емкости С6 ниже 9 В, драйвер отключает транзистор. Сбрасывается защита при нулевом входном сигнале драйвера. Ток транзистора Q2 генератора ограничен цепью обратной связи и не превышает 3 А, поэтому управление от драйвера не требуется. В качестве Q2 можно использовать любой MOSFET или IGBT транзистор с напряжением не менее 200 В и током не менее 7 А, например IRF630 или IRG4BC20UD.

Для силового ключа Q3 можно выбрать любой IGBT транзистор из таблицы 5.21 или аналогичный, напряжение насыщения которого при рабочем токе 10 А не превышает 2,5 В. Средняя мощность, рассеиваемая на нем при максимальных оборотах, не превышает 2 Вт.

Как было показано выше, напряжение на коллекторе силового транзистора стабилизируется на уровне около 350 В благодаря обратной связи по напряжению. Однако за счет паразитных индуктивностей линий связи, благодаря высоким динамическим характеристикам на транзисторах могут возникать переходные перенапряжения в момент переключения. Обычно для ограничения переходных перенапряжений применяются варисторы. В последние годы рядом фирм стали выпускаться защитные диоды, которые по быстродействию и способности к поглощению энергии намного превосходят варисторы. Это, в частности, диоды Transil производства ST-Microelectronics (SGS-Thomson). Время их срабатывания составляет единицы пикосекунд, а уровень поглощаемой мощности достигает 1500 Вт за 1мс. Именно такие элементы установлены в схеме параллельно транзисторам Q2 и Q3. Это 1.5КЕ200 (BR2 - на напряжение 200 В) и 1.5КЕ440 (BR3 - на напряжение 440 В). Для защиты низковольтной части схемы служит диод BR1 на напряжение 20 В. Наличие защитных диодов исключает перегрузку по напряжению в любых режимах работы, включая аварийные.

Все сказанное позволяет сделать вывод, что транзисторы IGBT являются оптимальными для силового каскада блока электронного зажигания, по какой бы схеме он ни выполнялся. Следует отметить, что применение этих транзисторов требует аккуратного квалифицированного подхода и достаточно высокой технологии изготовления. Нельзя забывать о том, что IGBT, как и другие компоненты с изолированным затвором, чрезвычайно чувствительны к статическому электричеству. Обязательным условием является также применение средств защиты от перенапряжений. В частности, установка упомянутых диодов Transil рекомендуется использовать в штатных коммутаторах "Самар".

В таблице 5. 21 приведены некоторые типы транзистров IGBT, пригодных для установки в коммутаторы "Самар". В последней строке даны параметры MOSFET транзистора BUZ384, часто применяемого в выходных каскадах электронных коммутаторов. Обратите внимание на то, что напряжение насыщения Usat при рабочем токе 10 А у него составляет 6 В. Поскольку коэффициент заполнения импульсов в классической электронной схеме составляет примерно 30%, рассеиваемая на полевом транзисторе мощность за счёт потерь проводимости будет равна:

$$P_d = I \cdot U_{sat} \cdot 0{,}3 \text{ (Вт)}.$$

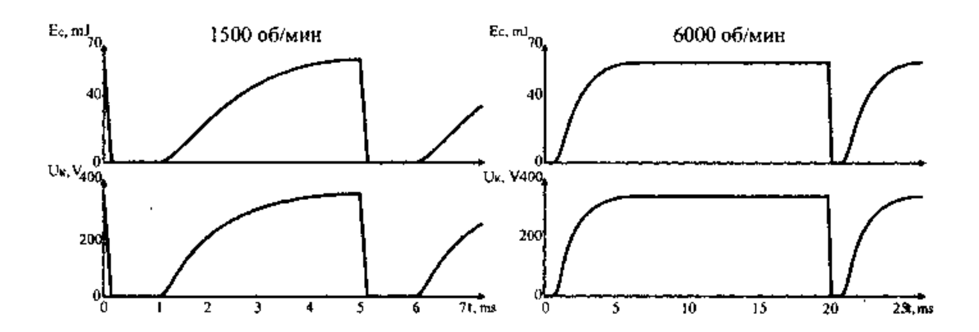
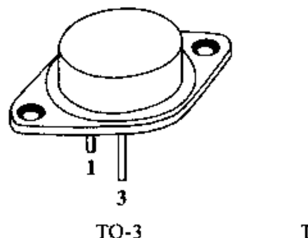
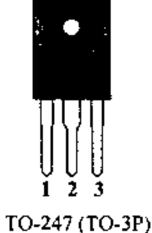


Рис. 5.35. Накопление энергии в конденсаторе при различной частоте.

IRG4PC50FD / IRG4PH50K





TO-3 TO-247 (TO-3P)

затвор - вывод 1
коллектор - вывод 2 (корпус для TO-3)
эмиттер - вывод 3

Рис. 5.36. Типы корпусов

Табл. 5.20. Максимальные режимы работы

Символ	Параметр	Значение		Единица
		IRG4PC50FD	IRG4PH50K	
U_{CE}	Напряжение эмиттер коллектор ($I_B = 0$)	600	1200	V
U_{GE}	Напряжение эмиттер затвор ($I_C = 0$)	±20		V
$U_{нас}$	Напряжение насыщения ($I_C = 10$)	1,0	2,0	V
I_C	Ток коллектора (+25°C)	70	45	A
I_C	Ток коллектора (+100°C)	39	24	A
I_{CM}	Тока коллектора импульсный	280	90	A
I_B	Ток базы	1		A
$I_{B\,MAX}$	Пиковое значение тока базы	5		A
P_D	Макс мощность рассеивания (+25°C)	200		W
P_D	Макс мощность рассеивания (+100°C)	78		W
T_J	Диапазон рабочих температур	-55 ÷ +150		°C

В таблице 5 21 приведены сравнительные характеристики **IGBT** транзисторов (различных производителей) и **MOSFET** транзисторов

Табл. 5.21. Электрические характеристики (T = +25 °C если иначе не определено).

Тип транзистора	I_C A	U_{CE} V	$U_{нас}$ V (I=10A)	P_{max} W	Корпус
IRG4PC40F	49	600	1,3	160	TO-247
IRG4PF40W	51	900	1,6	200	TO-247
IXSH24N60	48	600	2,2	150	TO-247
IXSM30N60	50	600	2,5	200	TO-3
IXSH25N100	50	1000	3,0	200	TO-3
BUP604	80	600	2,2	300	TO-247
APT30GT60	55	600	2,0	200	TO-247
BUZ384 (MOSFET)	10	500	6,0	125	TO-3

10. ВАРИСТОРЫ

Варисторы - полупроводниковые резисторы с нелинейной вольт-амперной характеристикой, особенностью которых является резко выраженная зависимость электрического сопротивления от приложенного к ним напряжения.

Используются варисторы для стабилизации и защиты от перенапряжения в электрических цепях постоянного, переменного и импульсного тока.

Основными параметрами - являются классификационное напряжение, классификационный ток, коэффициент нелинейности, допустимая мощность рассеивания.

Классификационное напряжение $U_{кл}$ - условный параметр, показывающий значение постоянного напряжения на варисторе при заданном значении классификационного тока.

Классификационное напряжение не является рабочим эксплуатационным напряжением варистора. Рабочее напряжение выбирается исходя из допустимой мощности рассеивания и предельного значения амплитуды напряжения.

Классификационный ток $I_{кл}$ - ток, при котором определяется классификационное напряжение.

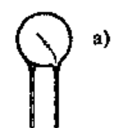
Коэффициент нелинейности β - отношение статического сопротивления в данной точке вольт-амперной характеристики к динамическому сопротиалению в той же точке.

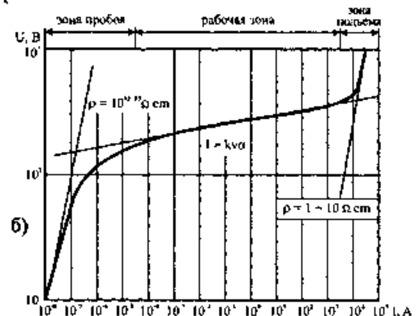
$$\beta = R_с/R_д \text{ или } \beta = dI/dU \cdot U/I.$$

Допустимая мощность рассеяния - мощность, при которой варистор сохраняет свои параметры в пределах норм в течение заданного срока службы.

ВАРИСТОРЫ серии FNR

Свойства:
- широкий диапазон напряжений 18 ÷ 1800 В;
- быстрая реакция на резкое повышение напряжения (мкс);
- оптимальная и симметричная вольт-амперная характеристика;
- высокая стойкость к току перегрузки;
- отсутствие тока утечки; - долговечность.


а)



б)

Рис. 5.37. а - внешний вид варистора; б - характеристика варистора.

Табл. 5.22. Обозначение варисторов серии FNR.

F	NR	05		K	180
Фенгхуа Адвансед Технолоджи	Нелинейное сопротивление	Диаметр элемента мм	Диаметр корпуса мм	Точность варистора %	Классификационное напряжение В
F	NR-05K180	 5 5	 7,0 7,5	10	$18x10^0$=18 18 ÷ 82 100 ÷ 470
F	NR-07K181	 7	 9,0	10	$18x10^1$=180 18 ÷ 470
F	NR-10K330	 10 10	 13,5 14,0	10	$33x10^1$=330 18 ÷ 330 360 ÷ 1100
F	NR-14M182	 14 14 14	 17,0 17,5 25,0	20	$18x10^2$=1800 18 ÷ 330 360 ÷ 1100 1800
F	NR-20M182	 20 20 20	 23,0 24,0 25,0	20	$18x10^2$=1800 18 ÷ 330 360 ÷ 1100 1800

Табл. 5.23. Технические характеристики варисторов серии FNR.

Наименование		Напряжение варистора	Максимал. доп. напр.		Макс. имп. напр.		Макс. импульсный ток (8/20 мс)				Номинал. мощность		Энергия рассеив. варистором 10/1000 мс		Типовая емкость 1 кГц	
		Uкл	≈AC	=DC			1 пачка имп.		2 пачки имп.							
		В	В	В	В	Ip А	А		А		Вт		Дж		пф	
FNR-05K180		18	11	14	40	1	100		50		0,01		0,4		1 600	
FNR-07K180	FNR-10K180	18	11	14	36	2,5 (5)	250	500	125	250	0,02	0,05	0,9	2,1	3 500	7 500
FNR-14K180	FNR-20K180	18	11	14	36	10 (20)	1000	2000	500	1000	0,1	0,2	4,0	11	18 000	37 000
FNR-05K220		22	14	18	48	1	100		50		0,01		0,5		1 300	
FNR-07K220	FNR-10K220	22	14	18	43	2,5 (5)	250	500	125	250	0,02	0,05	1,1	2,5	2 800	6 000
FNR-14K220	FNR-20K220	22	14	18	43	10 (20)	1000	2000	500	1000	0,1	0,2	5,0	14	15 000	30 000
FNR-05K270		27	17	22	60	1	100		50		0,01		0,6		1 050	
FNR-07K270	FNR-10K270	27	17	22	53	2,5 (5)	250	500	125	250	0,02	0,05	1,4	3,0	2 000	4 000
FNR-14K270	FNR-20K270	27	17	22	53	10 (20)	1000	2000	500	1000	0,1	0,2	6,0	18	10 000	22 000
FNR-05K330		33	20	26	73	1	100		50		0,01		0,8		900	
FNR-07K330	FNR-10K330	33	20	26	65	2,5 (5)	250	500	125	250	0,02	0,05	1,07	4,0	1 500	3 000
FNR-14K330	FNR-20K330	33	20	26	65	10 (20)	1000	2000	500	1000	0,1	0,2	7,5	23	7 500	17 000
FNR-05K390		39	25	31	86	1	100		50		0,01		0,9		500	
FNR-07K390	FNR-10K390	39	25	31	77	2,5 (5)	250	500	125	250	0,02	0,05	2,1	4,6	1 350	2 600
FNR-14K390	FNR-20K390	39	25	31	77	10 (20)	1000	2000	500	1000	0,1	0,2	8,6	26	6 500	15 000
FNR-05K301		300	200	250	525	5	400		200		0,1		9,0		55	
FNR-07K301	FNR-10K301	300	200	250	500	10 (25)	1200	2500	600	1250	0,25	0,4	20	42	150	325
FNR-14K301	FNR-20K301	300	200	250	500	50 (100)	4500	6500	2500	4000	0,6	1,0	75	135	650	1 400
FNR-05K331		330	210	275	580	5	400		200		0,1		9,5		60	
FNR-07K331	FNR-10K331	330	210	275	550	10 (25)	1200	2500	600	1250	0,25	0,4	22	44	150	325
FNR-14K331	FNR-20K331	330	210	275	550	50 (100)	4500	6500	2500	4000	0,6	1,0	80	155	650	1 400
FNR-05K361		360	230	300	620	5	400		200		0,1		10		50	
FNR-07K361	FNR-10K361	360	230	300	595	10 (25)	1200	2500	600	1250	0,25	0,4	25	47	130	300
FNR-14K361	FNR-20K361	360	230	300	595	50 (100)	4500	6500	2500	4000	0,6	1,0	93	163	550	1 200
FNR-05K391		390	250	320	675	5	400		200		0,1		12		50	
FNR-07K391	FNR-10K391	390	250	320	650	10 (25)	1200	2500	600	1250	0,25	0,4	25	60	130	270
FNR-14K391	FNR-20K391	390	250	320	650	50 (100)	4500	6500	2500	4000	0,6	1,0	100	180	500	1 000
FNR-05K431		430	275	350	745	5	400		200		0,1		13		45	
FNR-07K431	FNR-10K430	430	275	350	710	10 (25)	1200	2500	600	1250	0,25	0,4	28	65	110	250
FNR-14K431	FNR-20K431	430	275	350	710	50 (100)	4500	6500	2500	4000	0,6	1,0	115	190	450	900
FNR-05K471		470	300	385	810	5	400		200		0,1		15		40	
FNR-07K471	FNR-10K471	470	300	385	775	10 (25)	1200	2500	600	1250	0,25	0,4	30	70	100	230
FNR-14K471	FNR-20K471	470	300	385	775	50 (100)	4500	6500	2500	4000	0,6	1,0	125	220	440	900

6. КОММУТАТОРЫ

6.1. ЭЛЕКТРОННЫЕ КОММУТАТОРЫ КОНТАКТНОЙ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ

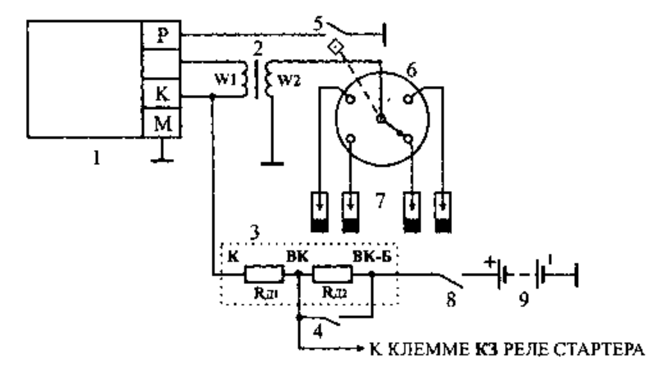


Рис. 6.1. Электрическая схема подключения коммутатора в контактно-транзисторной СЗ: 1 - коммутатор; 2 - катушка зажигания (КЗ); 3 - добавочный резистор Rд; 4 - контакты пускового реле (шунтирующие Rд1 при пуске двигателя); 5 - контакты прерывателя; 6 - распределитель; 7 - свечи зажигания; 8 - выключатель зажигания (ВЗ); 9 - аккумуляторная батарея (АБ).

1.Коммутатор ТК-102.

Предназначен для работы в контактной системе зажигания автомобилей с восьми цилиндровыми двигателями с неэкранированным оборудованием (ГАЗ - 53А; ЗИЛ - 130 и тд.).

В качестве нагрузки используется катушка зажигания Б-114Б, с повышенным коэффициентом трансформации и пониженной индуктивностью первичной обмотки.

Для ограничения первичного тока используется добавочное сопротивление СЭ-107 (состоящее из двух резисторов Rд1 и Rд2 по 0,52 Ом).

Основное назначение транзисторного коммутатора включение и выключение тока низкого напряжения в первичной обмотке КЗ. Принципиальная схема ТК-102 показана на рис. 6.2.

Контакты прерывателя служат для управления коммутатором (отпирания и запирания транзистора ГТ701А).

При включении зажигания (рис. 6.1), когда контакты прерывателя разомкнуты, транзистор VT1 закрыт и в первичной цепи ток не проходит. В момент замыкания контактов прерывателя в цепи управления VT1 будет проходить ток не более 0,8 А. С увеличением частоты вращения кулачка прерывателя, вследствие уменьшения времени замкнутого состояния контактов, сила тока в цепи управления VT1 уменьшится до 0,3 А.

Путь тока в цепи управления VT1: + аккумулятора - дополнительный резистор СЭ107 первичная обмотка КЗ - безымянный зажим коммутатора - переход Э - Б транзистора - первичная обмотка ИТ1 - контакт прерывателя - корпус (масса) - минус АБ. Вследствие прохождения тока управления через переход Б - Э VT1 происходит резкое снижение сопротивления переходов Э - К VT1 с нескольких сотен Ом до нескольких долей Ом, и он открывается (потенциал базы становится ниже потенциала эмиттера), включая цепь тока низкого напряжения.

Цепь тока низкого напряжения: + АБ - СЭ107 - первичная обмотка КЗ - переход Э - К VT1 - корпус (- АБ). Сила тока в первичной цепи при открытом VT1 достигает 8 А при нерабочем двигателе и снижается при увеличении частоты вращения до 3 А.

Принцип действия. При включении стартера выключателем зажигания обмотку пускового реле подключают к АБ. Ток, проходящий по обмотке реле, намагничивает сердечник, что вызывает замыкание контактов (4) и первичная обмотка КЗ подключается к АБ, помимо одной половины добавочного резистора СЭ107 (3). Произойдет увеличение силы тока первичной цепи, а вместе с этим увеличится напряжение во вторичной цепи зажигания. Ток, протекая по первичной обмотке КЗ, вызывает намагничивание сердечника катушки. Размыкание контактов прерывателя сопровождается прерыванием тока управления, что вызывает резкое повышение сопротивления VT1 и он, закрываясь, выключает цепь тока первичной цепи зажигания. Исчезающее магнитное поле первичной обмотки КЗ создает во вторичной обмотке высокое напряжение, которое через распределитель подводится к свечам зажигания.

Импульсный трансфоматор ИТ1, первичная обмотка (ω_1 = 50 витков, R = 0,14 Ом) которого включена последовательно с контактами прерывателя, обеспечивает активное запирание VT1. В момент прерывания тока управления во вторичной обмотке (ω_2 = 150 витков, R = 7 Ом) ИТ1 индуцируется ЭДС. Импульс ЭДС вторичной обмотки ИТ1 действует в цепи VT1 в направлении противоположном току управления, вследствие чего ускоряется его запирание (потенциал базы в момент запирания становится выше потенциала эмиттера), а поэтому ускоряется прерывание тока в первичной обмотке КЗ и быстрей уменьшается магнитный поток. Энергия тока взаимоиндукции вторичной обмотки ИТ1 расходуется на нагрев R1 (27 Ом). R1 формирует импульс запирания VT1. Без R1 время запирания увеличивается в два раза.

В контактно-транзисторных системах зажигания конденсатор параллельно контактам прерывателя не устанавливается, т.к. применение в схеме R1 и ИТ1 обеспечивает необходимую скорость спадания первичного тока.

Во вторичной обмотке КЗ индуцируется ЭДС 17 ÷30 кВ, а в первичной обмотке КЗ - ЭДС самоиндукции величиной до 100 В. ЭДС самоиндукции первичной обмотки КЗ вызывает заряд конденсатора С2. В дальнейшем, при разомкнутых контактах прерывателя, С2 разряжается через первичную обмотку КЗ, затем происходит затухающий колебательный разряд его через первичную обмотку КЗ. Этим увеличивается продолжительность искрового разряда между электродами свечей. С2 и R2 обеспечивает снижение потерь мощности VT1 в период его переключения, тем самым уменьшая его нагрев. Для предотвращения перегрева и пробоя VT1 при увеличении ЭДС самоиндукции первичной обмотки КЗ, что имеет место на малой частоте вращения КВ, или обрыве в цепи высокого напряжения (проверке системы зажигания на искру), параллельно С2 включена цепочка, состоящая из стабилитрона VD1 и диода VD2, включенных встречно.

VD1 - напряжение стабилизации стабилитрона выбрано таким, чтобы оно суммируясь с напряжением питания, не превышало предельно допустимого напряжения участка Э-К VT1.

VD2 - ограничивает ток через VD1 в прямом направлении (чтобы первичная обмотка не шунтировала стабилитрон, включенный в прямом направлении).

При увеличении ЭДС самоиндукции первичной обмотки КЗ выше 80В (напряжение стабилизации) стабилитрон пропускает через себя ток самоиндукции, шунтируя тем самым первичную обмотку КЗ. Благодаря прохождению тока самоиндукции через цепочку VD1и VD1 напряжение на зажимах первичной обмотки снижается, что предотвращает перегрев и пробой VT1. При уменьшении ЭДС самоиндукции ниже 80 В стабилитрон не проводит через себя ток и ЭДС самоиндукции расходуется на заряд С2.

Электролитический конденсатор С1 включен параллельно генератору и защищает VT1 от импульсных перенапряжений, возникающих в цепи: генератор - АБ (работа без АБ, разрегулировка регулятора напряжения, короткое замыкание в обмотках генератора, ухудшение контакта с "массой" генератора и реле регулятора, резистора $R_{д1}$ (при закороченном $R_{д2}$). При импульсе напряжения генератора конденсатор С1 будет заряжаться, что уменьшит напряжение, а следовательно, и импульс силы тока в цепи VT1, тем самым предотвращая перегрев транзистора. Необходимое ограничение первичного тока для предохранения VT1 от перегрузки по току во время пуска двигателя обеспечивается резистором $R_{д1}$ (при закороченном $R_{д2}$).

Для снижения температуры VT1 (допустимая +65 °С), коммутатор устанавливают в кабине водителя, а не под капотом двигателя.

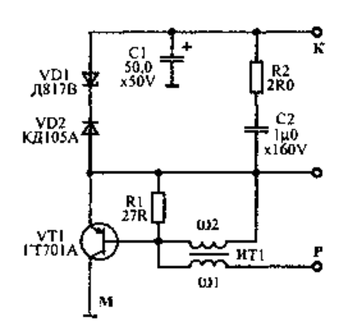


Рис. 6.2. Принципиальная схема коммутатора ТК-102.

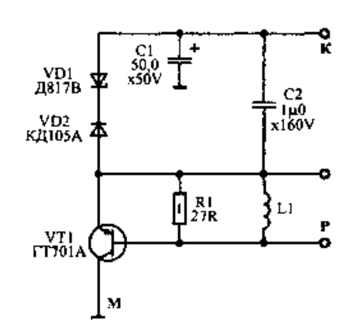


Рис. 6.3. Принципиальная схема коммутатора ТК-102А.

Напряжение во вторичной цепи не менее чем на 25% больше, по сравнению с классическои системой зажигания, что приводит к увеличению энергии искры разряда. Повышение энергии искры разряда способствует более полному сгоранию даже обедненной рабочей смеси. Облегченный пуск двигателя и улучшенная приемистость и экономичность двигателя (расход топлива снижается до 2%). Малая сила тока в цепи управления VT1 (0,3 ÷ 0,8 А) разгружает контакты прерывателя и продлевает их срок службы, но при этом предъявляются особые требования к чистоте поверхностных контактов прерывателя. При незначительном увеличении сопротивления контактов прерывателя из-за окисления или загрязнения, сила тока управления VT1 снижается, он не открывается и двигатель не запускается.

2. Коммутатор ТК-102А

Принцип действия. При включенном зажигании и замкнутых контактах прерывателя (рис. 6.1), VT1 коммутатора (рис. 6.3) находится в открытом состоянии, так как его (управляющему электроду) базе через контакты прерывателя подается отрицательный потенциал. Ток будет проходить по первичной цепи: + АБ - Rд - W1 - К3 - переход Э - К VT1 - минус АБ. При размыкании контактов прерывателя, на базе VT1 исчезает управляющий сигнал и VT1 запирается. Одновременно прекращается ток через дроссель L1 (Rобм = 4R2), на его выводах индуктируется импульс самоиндукции положительный полюс которого приложен к базе VT1, а отрицательный - к эмиттеру, что ускоряет (запирание) переход VT1 в закрытое состояние. Запирание VT1 приводит к быстрому уменьшению тока в W1 К3, что обуславливает появление импульса высокого напряжения во вторичной обмотке. Путь тока во вторичной цепи: высоковольтный вывод W2 К3 - центральный высоковольтный провод - распределитель высокого напряжения (трамблер) - свеча зажигания - корпус - W2 К3.

ТК102А имеет специальную защиту, состоящую из стабилитрона VD1 и диода VD2, которая предохраняет VT1 от пробоя ЭДС самоиндукции, возникающей в первичной обмотке К3 при запирании VT1. В случае, когда ЭДС самоиндукции превышает 100 В, происходит пробой стабилитрона и повышенное напряжение гасится на диоде. Кроме того диод препятствует протеканию тока от батареи к VT1 через стабилитрон, минуя W1 К3.

Для снижения мощности тока в цепи стабилитрона предусмотрен конденсатор С2, который заряжается от ЭДС самоиндукции первичной обмотки К3, при запирании VT1. В случае когда ЭДС самоиндукции не достигает опасного значения и пробой стабилитрона не происходит, конденсатор С2 уменьшает потери мощности VT1 в период его запирания, что снижает нагрев VT1. Электролитический конденсатор С1 включен параллельно генератору и АБ, и защищает VT1 от импульсных перенапряжений, которые могут возникнуть в бортовой сети при включении мощных потребителей или отключении АБ при работающем двигателе. В этом случае импульс повышенного напряжения будет заряжать С1, что предотвратит воздействие повышенного напряжения на VT1.

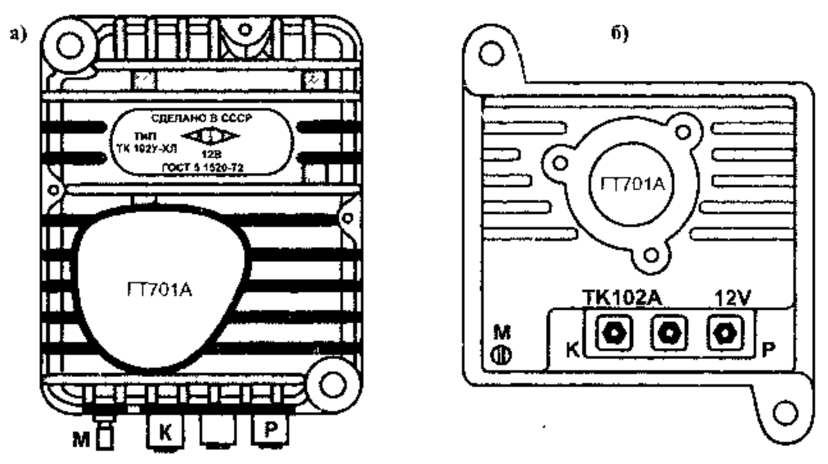


Рис. 6.4. Внешний вид коммутатора: а - ТК- 102; б - ТК- 102А (масштаб 1 : 2)

Добавочные резисторы $R_{д1}$ и $R_{д2}$ разгружают КЗ от повышенной тепловой нагрузки. При закорачивании $R_{д2}$ во время работы стартера улучшается пуск двигателя.

3. Блок электронного зажигания БЭЗ (Томск)

Блок БЭЗ (РБЗ.242.000 ТУ) предназначен для работы в стандартной системе зажигания автомобилей и мотоциклов с номинальным напряжением питания 12 В и "минусом" на массе.

Применение блока зажигания устраняет обгорание контактов прерывателя, облегчает запуск двигателя, делает работу двигателя устойчивой на холостых оборотах, снижает токсичность выхлопных газов и упрощает обслуживание системы зажигания.

Для полной реализации положительных свойств блока не рекомендуется применять выключатели массы, в которых в качестве коммутирующего элемента используется тиристор или транзистор.

При установке БЭЗ напряжение на свечах на 30% выше, чем без блока.

Не допускается работа блока с катушками зажигания типа Б114.

Основные технические характеристики:

Номинальное напряжение питания .... - 12 В;
Допустимое изменение напряжения питания - 6 ÷ 16 В;
Ток через контакты прерывателя .... - 0,3 А;
Длительность искрового разряда .... - 1 мс;
Диапазон рабочих температур .... - -40 ÷ +70°С.

Внешний вид и схема подключения БЭЗ показаны на рисунке 6.5.

Принципиальная схема блока представлена на рисунке 6.6.

Монтажная плата представлена на рисунке 6.7.

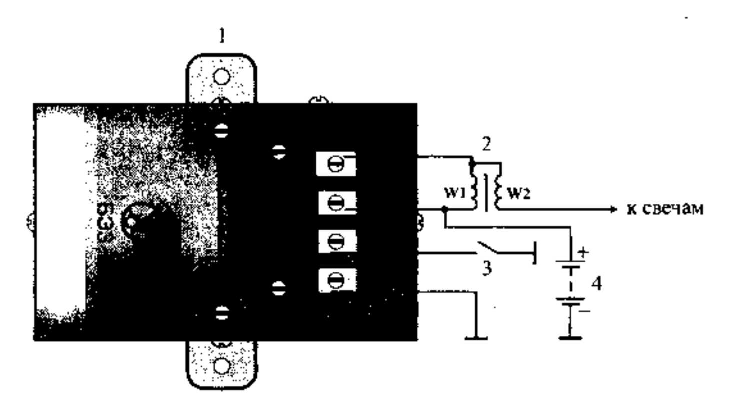


Рис. 6.5. Электрическая схема подключения БЭЗ на мотоцикле:
1 - блок электронного зажигания; 2 - катушка зажигания; 3 - прерыватель; 4 - аккумулятор.

Примечание.

Неправильное подключение приводит к отказу блока и выходу из строя электрорадиоэлементов.

При установке БЭЗ необходимо зачистить контакты прерывателя.

При отказе блока электронного зажигания, для перехода на штатную систему зажигания, необходимо отсоединить провода от клемм "П" и "К" и соединить их вместе. Отсоединить провод от клеммы "+" и изолировать конец этого провода во избежание замыкания на массу.

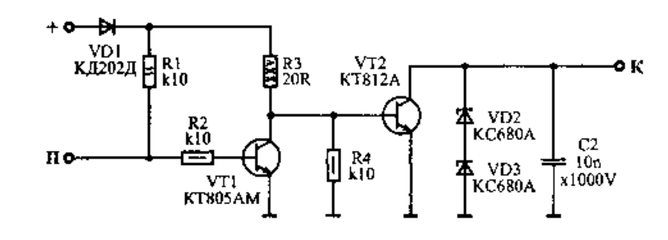
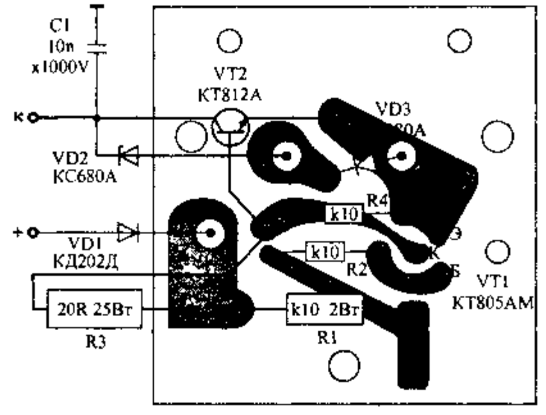


Рис. 6.6. Принципиальная схема блока электронного зажигания БЭЗ.



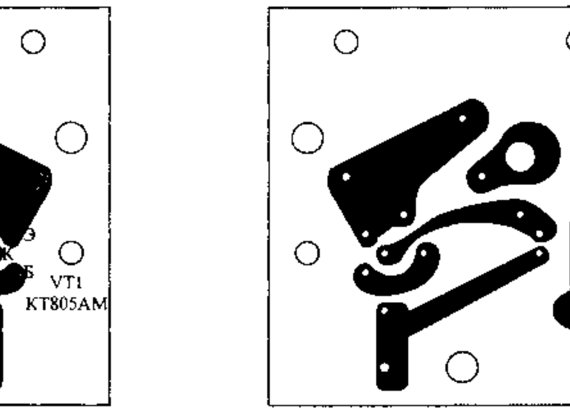
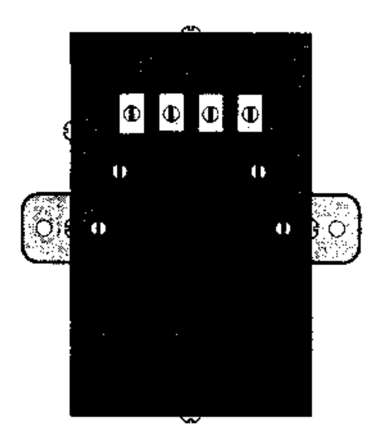


Рис. 6.7. Монтажная плата блока электронного зажигания БЭЗ (масштаб 1 1)

1



2

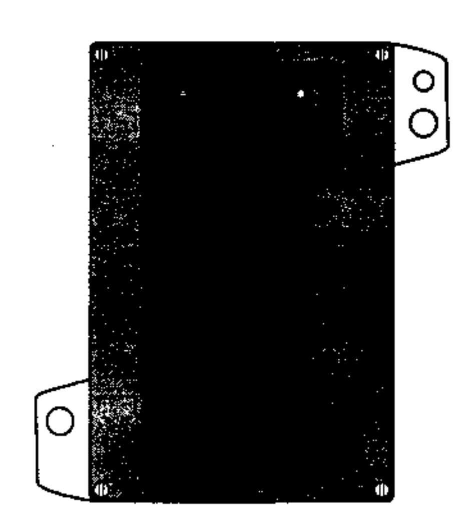


Рис. 6.8. Внешний вид:
1 - блока электронного зажигания БЭЗ; 2 - коммутатора 47.3734, 4701.4734
(масштаб 1:2).

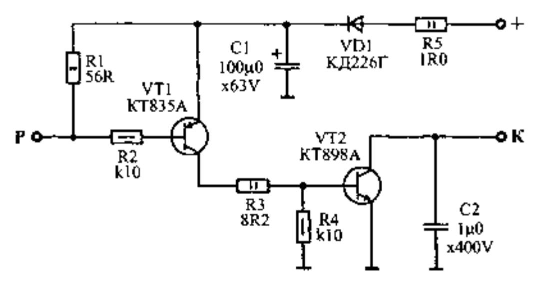


Рис. 6.9. Принципиальная схема коммутатора 47.3734, 4701.4734.

Рис. 6.10. Монтажная плата коммутатора 4701.3734 (масштаб 1:1).

4. Электронный коммутатор 47.3734

Внешний вид коммутатора показан на рисунке 6.8-2.
Принципиальная схема коммутатора 47.3734 представлена на рисунке 6.9.
Монтажная плата представлена на рисунке 6.10.

5. Электронный коммутатор 84.3734 - 01

Основные технические характеристики:
Номинальное напряжение питания .... - 12 В;
Допустимое изменение напряжения питания - 6 ÷ 16 В;
Ток разрыва коммутатора .... - 8 А;
Средний ток потребления коммутатора .... - 4 А,
Время отключения тока .... - 1 ÷ 3 сек.
Электронный коммутатор 84.3734 - 01 может применяться вместо ТК- 102, ТК- 102А.

6. Блоки импульсного плазменного зажигания ОН-427 (Минск)

Известно, что КПД двигателя внутреннего сгорания зависит от температуры газов в камере сгорания, зависящей, в свою очередь, от скорости сгорания топливно-воздушной смеси. Соответственно, с увеличением этой скорости увеличивается КПД двигателя и, как следствие, уменьшается удельный расход топлива.

При разработке новой системы зажигания было сделано предположение, что увеличить скорость сгорания топливо-воздушной смеси в камере сгорания можно ослабив эффект "шнурования" плазмы, образующейся между электродами свечи за счет протекания в искровом промежутке постоянного тока. Ток в этом случае поддерживается за счет энергии, накопленной в катушке зажигания. В новой системе используется принцип накопления энергии в конденсаторе, обеспечивающий в искровом промежутке свечи зажигания биполярный импульсный ток.

В течение первого периода колебаний напряжения на электродах свечи происходит подготовка смеси и ее воспламенение, а в течение последующих ее сжигания. На рис. 6.11 изображен график изменения напряжения на электродах разрядника. В двух периодах импульсы напряжения имеют форму, близкую к прямоугольной.

Предлагаемая схема зажигания позволяет подавать на электроды свечей напряжение, полярность которого меняется в течение одного такта работы двигателя. Подбором элементов схемы управления обеспечивается оптимальная продолжительность разряда.

Схема электронного зажигания представлена на рис. 6.12 она работает следующим образом. Конденсаторы С7 ÷ С9 заряжаются от вторичной обмотки преобразователя на транзисторе VT1 до напряжения, значительно превышающего ЭДС аккумуляторной батареи. При размыкании контакта прерывателя, включенного между точками ПР и М, через управляющий электрод тиристора VD8 проходит импульс тока, сформированный RC- цепью R1, R2, R8, C1. Тиристор открывается, и начинается колебательный разряд конденсаторов через первичную обмотку катушки зажигания, подключенной к точке К3. В течение первого полупериода ток протекает через тиристор, а в течение второго через диоды VD9,VD10.

Процесс повторяется до тех пор, пока конденсатор С3 не зарядится до напряжения, при котором открывается ключ на транзисторе VT2, что предотвращает очередное отпирание тиристора. После замыкания контакта прерывателя остаточное напряжение конденсатора С4 прикладывается к управляющему переходу тиристора и надежно запирает его. Конденсатор С4 при этом разряжается через резистор R3, однако ключ VT2 некоторое время после замыкания контакта остается открытым, что предотвращает случайное отпирание тиристора за счет дребезга контактов прерывателя.

Трансформатор преобразователя блока зажигания имеет послойную рядовую намотку (виток к витку). Изоляция между обмотками - два слоя лакоткани (Uпроб. 1000В), между слоями - один слой (Uпроб. 500В). Порядок намотки обмоток L2 (48 витков проводом ПЭТВ - 2 -0,42, с выводами 3, 4), L3 (420 витков проводом ПЭТВ - 2 - 0,25, с выводами 5, 6), L1 обмотка (35 витков ПЭТВ - 2 - 1,0).

Сердечник трансформатора ферритовый Ш10 х 10, марки 2000 НМ-1. Собирается с зазором 1мм, в который вставляется диэлектрическая прокладка из гетинакса.

Трансформатор рассчитан на использование в схеме стабилитрона Д817А, с напряжением стабилизации 56В. В случае если напряжение на выходе источника меньше 450В (это может

произойти в виду разброса параметров стабилитронов), следует увеличить его, включив последовательно со стабилитроном Д817А стабилитрон из ряда: КС433А, КС447А, КС456А.

Однако, приведенная на рисунке 6.9 схема взята прямо из патента и предназначенна больше для пояснения принципа реализации нового способа воспламенения топливовоздушной смеси в камере сгорания. И поэтому, зачастую даже имея в своем распоряжении неплохой осциллограф (например С1-65), бывает трудно (но в общем-то, возможно) добиться необходимой формы высокого напряжения на электродах разрядника.

Табл. 6.1. Применяемость коммутаторов ОН - 427.

Датчик-распределитель	Катушка зажигания	Добавочный резистор	Коммутатор	Автомобили и автобусы	Коммутатор, рекомендуемый для установки
Р-119-Б	Б115-В			ГАЗ-24 и модификации.	ОН-427-01
Р132	Б102-Б	СЭ40-А		УАЗ-4523, 469 и модификации	ОН-427-03
	Б116		13.3734-01	УАЗ-3151, 3741 и модификации	ОН-427-02
Р133-Б	Б114-Б	СЭ107	ТК102-А	ГАЗ-53 и модификации	ОН-427
Р147А,Б	Б115-В			М-2140, ИЖ-2125, -2715, ГАЗ-3102	ОН-427-01
Р351	Б118	СЭ326	ТК200-01	ЗИЛ-131В1, Урал -375Д и модифик.	ОН-427-02
Р352	Б118	СЭ326	ТК200-01	ГАЗ-66 и модификации	ОН-427-02
17.3706	Б115-В			ЗАЗ-968М	ОН-427-01
19.3706	Б116		13.3734	ГАЗ-24, "Газель"	ОН-427-02
23.3706	Б115-В			ГАЗ-52 и модификации	ОН-427-01
24.3706	Б116	14.3729	13.3734	ГАЗ-53А, -66 и модификации	ОН-427-02
30.3706	Б117-А			АЗЛК моделей 2141, 2141-01, 21412-01	ОН-427-03
30.3706,01	Б117			ВАЗ моделей 2101 - 07, 2121	ОН-427-03
40.3706	27.3705		36.3734	ВАЗ моделей 2108, 2109	ОН-427-04
46.3706	Б114-Б	СЭ107	ТК102-А	ЗИЛ - 431410 и модифик., ЗИЛ -131НА	ОН-427
46.3706	Б115-В			АЗЛК моделей 2141, 2141-01, 21412-01	ОН-427-01
53.013706	53.3705		3620.3734	ЗАЗ-1102	ОН-427-04

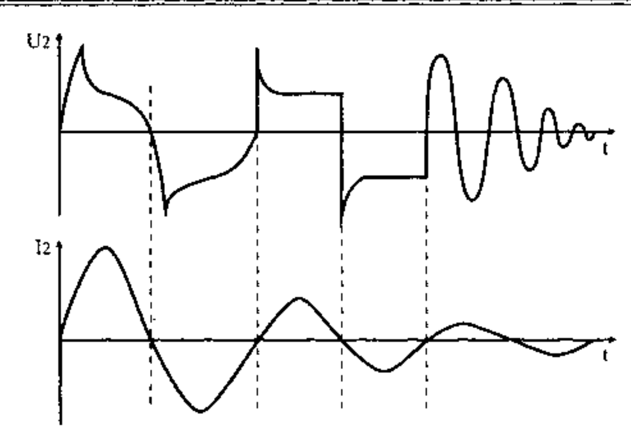


Рис. 6.11. Осциллограммы напряжения и тока на W2 КЗ (электродах разрядника).

На рис. 6.11 приведены осциллограммы напряжения на вторичной обмотке катушки зажигания (электродах разрядника), полученные при снятии сигнала с емкостного датчика напряжения в искровом промежутке. Глядя на эти осциллограммы, можно только предполагать, какие процессы происходят в искровом промежутке. Наличие горизонтальных участков во втором периоде колебательного процесса, скорее всего, свидетельствует о возникновении достаточно сильной ионизации и, как следствие, возникновении коронного (или тлеющего) разряда. Как это влияет на про-

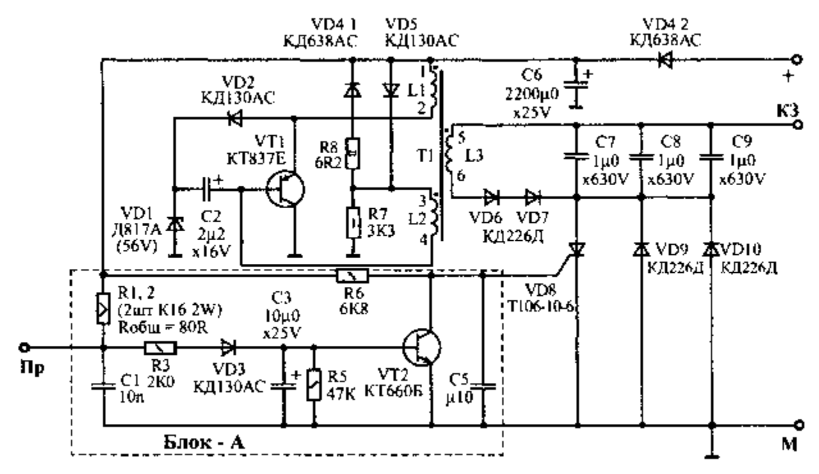


Рис. 6.12. Принципиальная схема блока зажигания ОН 427 (вариант 1).

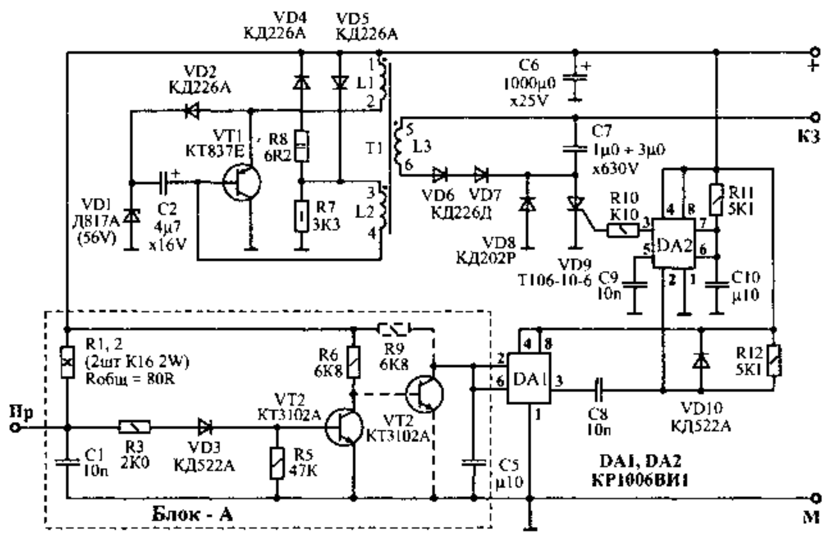


Рис. 6.13. Принципиальная схема блока зажигания ОН 427 (вариант 2).

цесс воспламенения, не очень понятно. Но когда эти участки по каким-либо причинам пропадают, зажигание превращается в обычное тиристорное. Поэтому, если удастся получить похожую картинку, задачу можно считать выполненной.

Однако получить ее по выше описанной схеме, не так-то просто. Это вызвано тем, что форма напряжения в конечном итоге зависит от параметров тиристора и выключающего его транзистора. Но ни для кого не секрет, что разброс параметров этих элементов, мягко выражаясь, значительный. Поэтому, чтобы получить необходимую форму импульса, приходится выбирать подходящие элементы из большого числа деталей.

Если немного усложнить схему и использовать в ней таймеры КР1006ВИ1, задача решается значительно проще. Такая схема приведена на рис. 6.13. Высоковольтный преобразователь

практически тот же. Однако схема управления ключом здесь уже другая. Использование таймеров КР1006ВИ1 позволило достаточно просто выполнить предъявляемые к такой схеме требования.

На первом таймере реализована схема защиты от дребезга контактов прерывателя. Второй таймер - одновибратор, управляющий тиристором. Одновибратор формирует импульс длительностью около 1 мс, который принудительно удерживает тиристор в отрытом состоянии все это время. Таким образом, замыкается цепь колебательного контура, образованного первичной обмоткой катушки зажигания и накопительным конденсатором С7. Напряжение на С7 при отсутствии сигнала на входе прерывателя должно быть не менее 450 В. Частота высоковольтного преобразователя выбрана достаточно низкой (около 2 кГц). Это обусловлено тем, что тиристор должен успеть выключиться за время между импульсами блокинг-генератора преобразователя.

Немного не удобно то, что приходится вывод катушки зажигания (+Б) переключать на массу. Однако это позволяет упростить схему и избежать использования дефицитных элементов.

В схеме есть еще один недостаток. Используемые микросхемы таймеров КР1006ВИ1 имеют предельно допустимое напряжение питания 16,5 В. Но согласно ГОСТ 3940, блок должен выдерживать повышенное напряжение питания (18 В) в течение получаса непрерывной работы. Если кто-нибудь захочет соблюсти это требование, придется принять дополнительные меры. Однако блоки, собранные по схеме, приведенной на рис.6.13, по этой причине из строя пока не выходили.

Блоки зажигания выпускаемые промышленностью лишены выше перечисленных недостатков.

На рисунках 6.14, 6.15 и 6.16, приведены схема промышленного блока ОН 427-3 и его монтажная плата.

На рисунках 6.18 и 6.19, показан внешний вид блока зажигания (масштб 1:4) и возможные варианты подключения к системе зажигания.

Основные технические характеристики:

Номинальное напряжение питания	- 12 ± 0,2 В;
Допустимое изменение напряжения питания	- 7,8 ÷ 18,2 В;
Амплитуда напряжения развиваемая в первичной цепи КЗ	- ± 500 В;
Средний ток потребления, не более	- 2,5 А;
Ток потребления при 600 ± 60 об/мин вала распределителя-прерывателя	- 0,4 А;
Ток потребления при 4000 ± 400 об/мин вала распределителя-прерывателя	- 4,5 А;
Ток протекающий через контакты прерывателя, не более	- 0,3 А;

Время отключения тока - не нормируется, прекращает протекание тока через первичную цепь КЗ, после остановки двигателя, без искрообразования.

Примечание. Подключение и отключение блока к системе зажигания осуществляется при выключенном зажигании и отсоединенной от аккумулятора клемме "-" (масса).

Различные модификации блоков рассчитаны на работу с различными катушками и датчиками-распределителями (см. табл. 6.1). Для этого емкость конденсаторов С10 ÷ С12 подбирается от 1 до 3 мкФ и изменяется схема входного каскада (блок-А, см. рис. 6.14 и 6.17).

В связи со специфической формой сигнала на первичной обмотке КЗ, может возникнуть необходимость подключить тахометр как показано на рис. 6.14 и 6.17. Конденсатор С может быть любого вида, корпус его желательно приклеить к корпусу блока, а выводы закрепляются винтами клеммной колодки.

На многих автомобилях катушки зажигания используются совместно с дополнительным сопротивлением различных типов. Блоки зажигания серии ОН 427 позволяют работать системе зажигания вместе с ними, просто при этом положительный эффект от использования системы уменьшится на 1 ÷ 3%.

Трансформатор преобразователя блока зажигания имеет послойную рядовую намотку (виток к витку). Изоляция между обмотками - два слоя лакоткани (Uпроб. 1000В), между слоями - один слой (Uпроб. 500В). Порядок намотки обмоток L2 (18 витков проводом ПЭТВ - 2 -0,63, выводы 3 и 4), L3 (144 витков проводом ПЭТВ - 2 - 0,315, выводы 5 и 6), L1 обмотка (12 витков ПЭТВ - 2 - 0,8 - в два провода, выводы 1 и 2).

Сердечник трансформатора ферритовый Ш10 x 10, марки 2000 НМ-1.

Схема входного каскада одинакова для всех блоков этой серии и приведена на рис. 6.17. Она позволяет без, каких либо существенных переделок использовать ее для работы с различными датчиками. Монтажная плата при этом никакой переделки не требует.

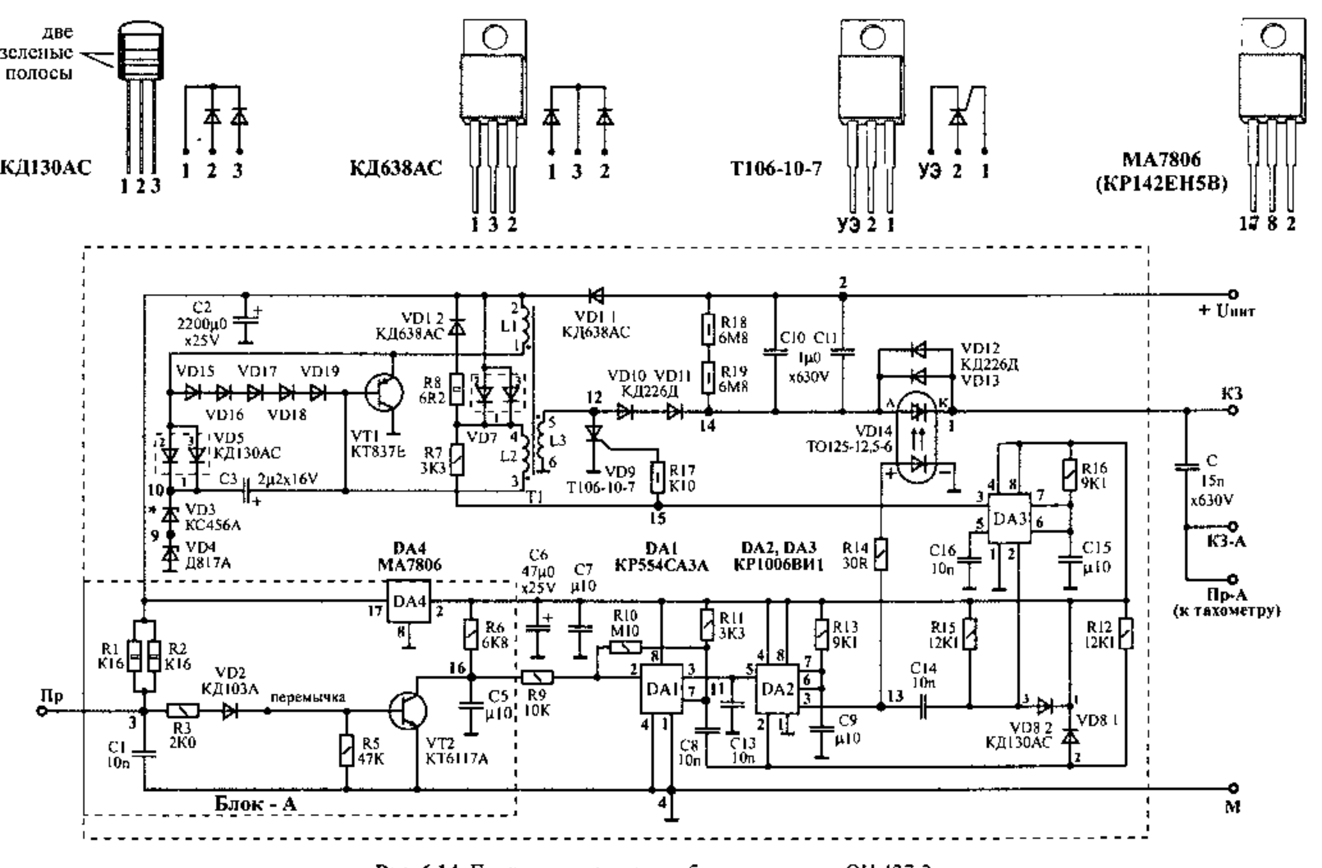


Рис. 6.14. Принципиальная схема блока зажигания ОН 427-3
(нумерация деталелей выполнена согласно маркировке на заводской плате)

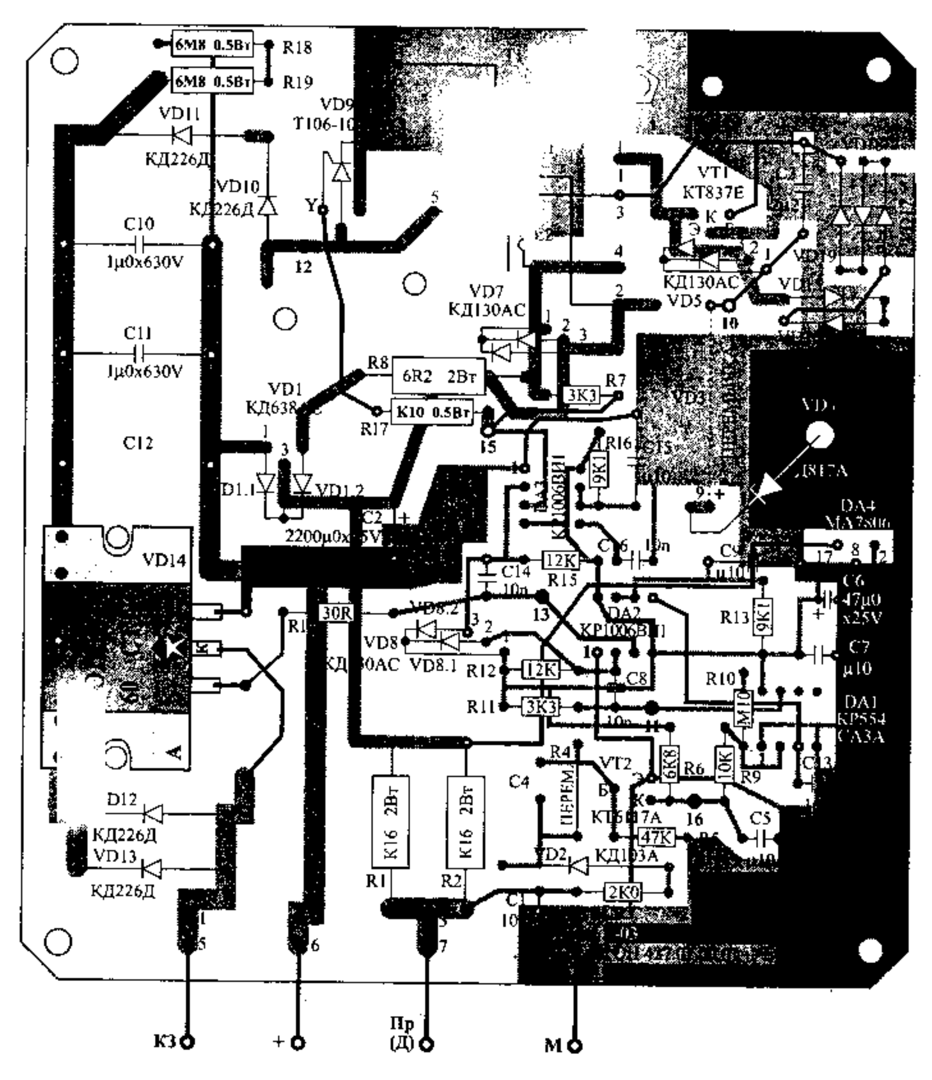


Рис. 6.15. Монтажная плата блока зажигания ОН 427 - 03 (масштаб 1:1). Вид со стороны монтажа деталей (соединительные дорожки находятся как с лицевой стороны платы, так и с обратной - выделены серым цветом).

Для работы с прерывателем (с контактной системой зажигания) не устанавливают элементы C4 и R4. Вместо резистора R4 устанавливают перемычку.

Для работы с электромагнитным датчиком БСЗ, на плату устанавливается C4 емкостью 10μ0x160V и R4 сопротивлением 47K, R1 и R2 исключаются из схемы.

При работе с датчиком Холла, неустанавливаются элементы R1,R2,R4,R5,C4,C5,VD2,VT2. Резистор R8 заменяют на резистор с сопротивлением 2K7, а конденсатор C1 на конденсатор емкостью 1n0 ÷ 3n3. Точку 7 (3) с точкой 16 соединяют перемычкой.

Рис. 6.16. Монтажная плата блока зажигания ОН 427 - 03 (масштаб 1:1). Вид со стороны соединительных дорожек.

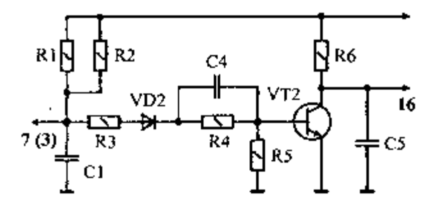


Рис. 6.17. Схема входного каскада блока зажигания ОН 427 (**Блок - А**).

Блок допускает проверку наличия высокого напряжения на свечах зажигания путем визуального контроля искрового разряда между снятым со свечи проводом высокого напряжения и корпусом автомобиля (массой). При такой проверке расстояние между металлической жилой проводника и корпусом должно быть не менее 15 мм. При меньшем расстоянии может выйти из строя катушка зажигания.

В случае аварийного выхода из строя блока, работающего с катушками Б115 или Б117, можно перейти на работу со штатной системой зажигания, переключив проводники на клеммной колодке блок, как показано на рис. 6.18 (пунктирные стрелки). Вышедший из строя блок подлежит ремонту или замене. При работе блока с катушкой Б114 такое переключение не допустимо, так как приводит к выходу из строя прерывателя. Возможен вариант подключения блока ОН-427, работающего с катушкой Б114, последовательно со штатным блоком ТК-102, и аварийным переходом на работу со штатным блоком. Схема такого включения показана на рис. 6.19.

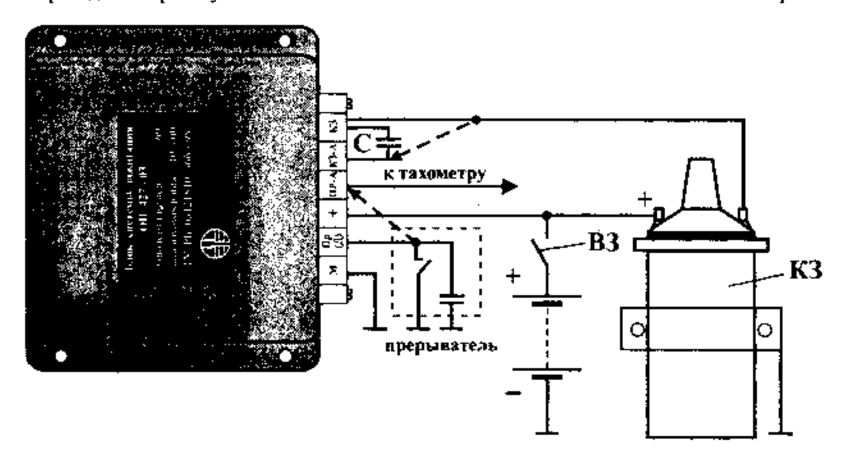


Рис. 6.18. Схема подключения блока зажигания ОН 427, ОН 427- 01, ОН 427- 03 и перехода на штатную систему в случае аварийного выхода из строя блока зажигания.

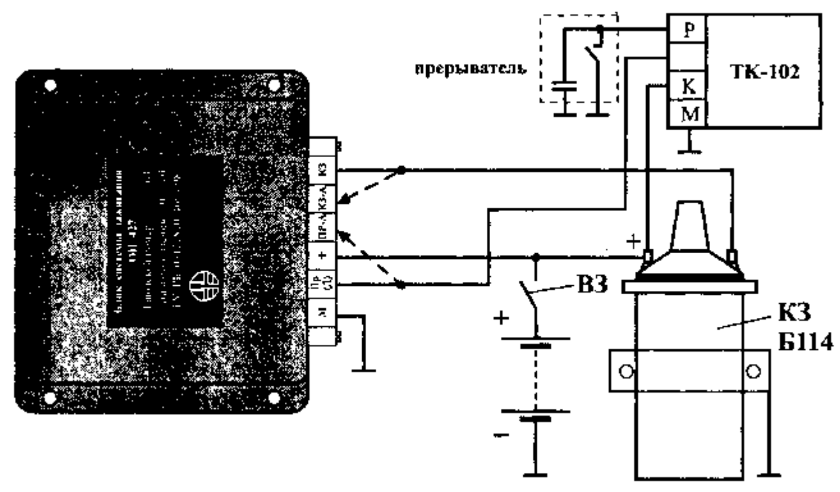


Рис. 6.19. Схема подключения блока зажигания ОН 427 и перехода на штатную систему в случае аварийного выхода из строя блока зажигания.

7. Электронное зажигание

Предлагаемое устройство избавит от многих проблем, особенно в зимнее время. Оно не требует внесения изменений в электрическую схему автомобиля, при необходимости позволяет легко вернуться к стандартной системе. Немаловажно и то, что при пониженном напряжении питания бортовой сети (при включении стартера, например) автоматически включается многоискровой режим. Устройство работоспособно и при снижении напряжения аккумулятора до 6 ÷ 6,5 В.

На рисунке 6.20 представлена электрическая схема, основу которой составляет преобразователь напряжения, собранный на транзисторе VT1 по схеме блокинг-генератора с общим коллектором. Импульсы обратного хода на обмотке II трансформатора T1 с частотой 2 ÷ 3 кГц через выпрямитель VD7 заряжают накопительный конденсатор C2. По мере заряда C2 амплитуда обратных импульсов растет и достигает напряжения стабилизации стабилитрона VD1. Через стабилитрон VD1 заряжается конденсатор C1. Временем разряда конденсатора C1 определяется задержка запуска блокинг-генератора. При этом снижается частота колебаний генератора и потребляемый схемой ток. После разряда конденсатора C2, через катушку зажигания и тиристор VS1, процесс повторяется.

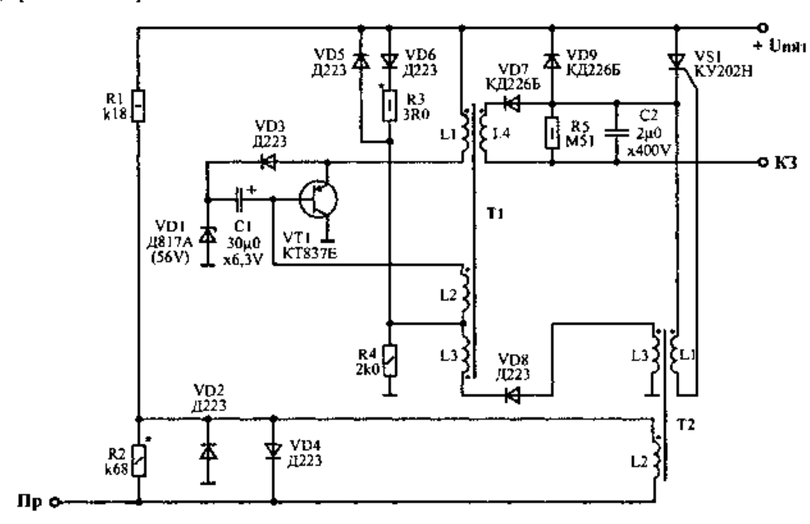


Рис. 6.20 Принципиальная схема электронного зажигания.

Напряжение на конденсатора C2 зависит от амплитуды импульсов на обмотке обратной связи II трансформатора T1 и коэффициента трансформации. При указанных параметрах к моменту открытия стабилитрона VD1 напряжение на конденсаторе C2 достигает 400 В. Амплитуда импульсов на обмотке II трансформатора зависит от разности между напряжением стабилизации стабилитрона VD1 и напряжением питания U (амплитуда, таким образом, растет с уменьшением напряжения бортовой сети).

При уменьшении напряжения питания растет напряжение на конденсаторе C2. Включение диода VD4 увеличивает длительность искры, поскольку при этом происходит полный цикл колебаний в контуре, образованном катушкой зажигания и конденсатором C2.

Диод VD8 шунтирует управляющую обмотку импульсного трансформатора при замкнутых контактах прерывателя, что исключает открытие тиристора VS1 до их размыкания. Число витков обмотки III трансформатора T1 выбрано таким образом, чтобы максимальная амплитуда импульсов на ней была несколько ниже напряжения аккумуляторной батареи, и диод VD7 открывается только при снижении напряжения питания ниже 12 В. В этом случае быстрота искрообразования определяется временем заряда конденсатора C2. Искровой разряд происходит каждый раз как только открывается стабилитрон VD1 и происходит разряд конденсатора C2 по

цепи: обмотки L2 и L3 трансформатора T1 - диод VD8 - обмотка L3 импульсного трансформатора T2 - стабилитрон VD1 (при условии разомкнутых контактов).

Для изготовления трансформатора T1 можно использовать любую трансформаторную сталь. Сечение среднего керна - примерно 12 см^2. Трансформатор собирается с зазором 0,2 мм (можно вставить в зазор кусок картона подходящей толщины).

При сборке зазор не должен перекрываться железными накладками. Обмотка L1 содержит 50 витков, обмотка L2 - 70, обмотка L3 - 13, обмотка L4 - 450 витков. Обмотка L1 выполняется проводом ПЭВ диаметром 0,7 ÷ 0,8 мм, остальные обмотки - проводом ПЭВ диаметром 0,2 ÷ 0,25 мм.

Импульсный трансформатор T2 намотан на ферритовом кольце диаметром 12 ÷ 15 мм, высотой 4 ÷ 5мм, с магнитной проницаемостью 1000 ÷ 3000. Число витков: L1 - 25, L2 - 150, L3 - 10. Диаметр провода марки ПЭВ - 0,12 ÷ 0,18 мм.

Обмотка L1 находится под напряжением 400 В, поэтому следует позаботиться о ее изоляции от обмотки L2 и L3. Обмотку L1 лучше расположить между обмотками L2 и L3.

Для проверки и настройки устройства желательно иметь регулируемый источник питания 6 ÷ 15 В с током выхода до 2,5 А. Однако можно обойтись и без него. Для этих целей вполне подойдет автомобильный аккумулятор, катушка зажигания и 8 элементов типа 373 (по 1,5 В).

На первом этапе настройки отключаем многоискровой режим. Для этого отпаиваем одну из ножек диода VD8 (в разрыв можно включить тумблер, что создает дополнительные удобства при настройке). К собранному блоку подключаем катушку зажигания (можно использовать резистор сопротивлением 20 ÷ 30 Ом), затем - питание 12 В. Если блокинг-генератор работает, то вы услышите характерный писк, в противном случае нужно проверить правильность сборки генератора и качество элементов. Напряжение на выходе работающего блока (на контактах C2) должно составлять 380 ÷ 410 В (при несоответствии подбирается стабилитрон VD1). При сильно пониженном напряжении (100 ÷ 150 В) следует поменять местами выводы обмотки L4 трансформатора.

Для проверки мощности преобразователя вместо катушки зажигания в качестве нагрузки используют лампочку 220 В 15 Вт. Ее подключают к выводам конденсатора C2. Лампочка должна гореть в полный накал. При этом постоянное напряжение на ней составит 180 ÷ 220 В.

Мощность регулируется подбором резистора R3. Потребляемый схемой ток, при подключении лампочки, варьируется в пределах 1,5 ÷ 2 А (без нагрузки - 50 ÷ 150 мА).

При наличии катушки зажигания предусматривают искровой промежуток в 10 ÷ 145 мм между высоковольтным проводом и минусом питания. Кратковременное замыкание провода, идущего к прерывателю, на корпус ведет к тому, что в искровом промежутке проскакивает искра. Если регулировка мощности не проводилась, то визуально (по мощности искры) можно с известной долей точности подобрать резистор R3.

Для лучшей помехоустойчивости устройства величину резистора R2 подбирают таким образом, чтобы искра возникала только при напряжении источника питания 6 В и более.

Теперь можно приступать к установке порога включения многоискрового режима. Делается это таким образом. Сначала подключаем диод VD8. При снижении напряжения питания возникает момент, когда и без замыкания провода 3 на корпус искрообразование становится непрерывным. Если порог включения многоискрового режима составляет 12 В и выше, то последовательно с VD8 следует включить еще один диод.

Собранный блок электронного зажигания устанавливают под капотом автомобиля вблизи катушки зажигания (желательно выбрать место с хорошим обдувом). Затем отключают конденсатор распределителя зажигания от контактов прерывателя. Следующий этап - отключение провода, соединяющего прерыватель и катушку зажигания. При наличии добавочного резистора (катушка типа Б115) следует закоротить его. Для этого можно использовать отключенный провод.

Если имеется тумблер включения многоискрового режима, то его лучше выключить.

После опробывания устройства в рабочем режиме можно увеличить зазор на свечах в 1,5 ÷ 2 раза.

Следует помнить, что при большом зазоре в контактах прерывателя появляется вероятность пропадания последних искр (при многоискровом режиме) в следующий цилиндр, что нарушает работу двигателя. Поэтому зазор нужно уменьшить до минимума в том интервале зазоров, который рекомендуется заводом-изготовителем.

8. Электронная система зажигания

Предлагаемая тиристорная система зажигания, нормально работает в диапазоне питающих напряжений от 1,5 до 22 В. При правильно отрегулированных карбюраторе и угле опережения зажиганя, двигатель с этой системой можно завести рукояткой при питании от двух батареек по 1,5 В. Схема на рис. 6.21 предназначена для автомобилей с контактной системой зажигания.

Блокинг-генератор на транзисторе VT3 и трансформаторе T1 позволяет получать стабилизированное напряжение на накопительном конденсаторе C4 около 400 В - при работе на холостых оборотах, 450 В - при запуске и 250 + 300 В - при оборотах 6000 об/мин. На транзисторах VT1,VT2 и обмотке L4 трансформатора T1 собран узел управления тиристором VS1. При размыкании контактов прерывателя через открывшийся транзистор VT1 протекает ток заряда конденсатора C1, который открывает транзистор VT2 на время около 3 мс, задаваемое резистором R4. В процессе набора оборотов конденсатор C1 не успевает полностью разряжаться, что приводит к автоматическому уменьшению времени заряда, а значит, снижению длительности искрового разряда в свече с 3 мс до 1 мс. Осциллограмма (рис. 6.22) содержит ступени подзаряда накопительной емкости C4, что свидетельствует об увеличении энергии искры.

Обмотки импульсного трансформатора сфазированы таким образом, что запуск тиристора возможен при прямом "ходе" блокинг-генератора, когда идет накопление энергии в сердечнике.

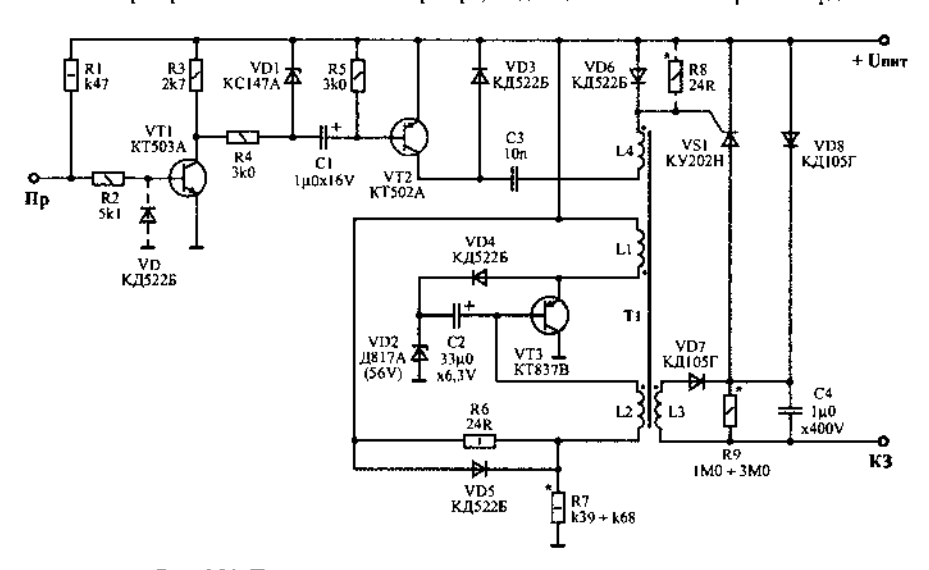


Рис. 6.21. Принципиальная схема электронной системы зажигания.

При обратном "ходе" происходит подпитка накопительной емкости. Кроме того, диод VD8, включенный параллельно тиристору, обеспечивает колебательный процесс в контуре, образованном первичной обмоткой катушки зажигания и накопительной емкостью C4. Конденсатор C3 служит для увеличения напряжения запуска тиристора. При запирании транзистора VT1 возникающий импульс самоиндукции заряжает конденсатор C3. При прямом "ходе" импульс с обмотки L4 складывается с напряжением на конденсаторе C3, в результате чего тиристор устойчиво запускается уже при питании от 5 В. Некоторые экземпляры запускаются при напряжении питания 2,5 В и даже 1,5 В.

Сравнителные характеристики:

Мощность 2,9 кВт (2000 об/мин) - расход топлива, кг/ч - штатная СЗ - 2,2; - ЭСЗ - 2,1;
- концентрация CO,% - штатная СЗ - 3,0; - ЭСЗ - 2,7.

Мощность 4,4 кВт (3000 об/мин) - расход топлива, кг/ч - штатная СЗ - 3,6; - ЭСЗ - 3,5;
- концентрация CO,% - штатная СЗ - 5,8; - ЭСЗ - 5,2.

Мощность 5,0 кВт (3600 об/мин) - расход топлива, кг/ч - штатная СЗ - 5,1; - ЭСЗ - 4,4;
- концентрация CO,% - штатная СЗ - 6,8; - ЭСЗ - 4,9.

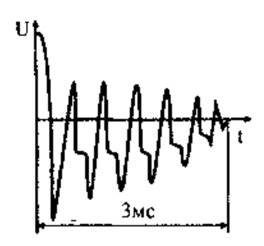


Рис. 6.22. Осциллограмма заряда С4.

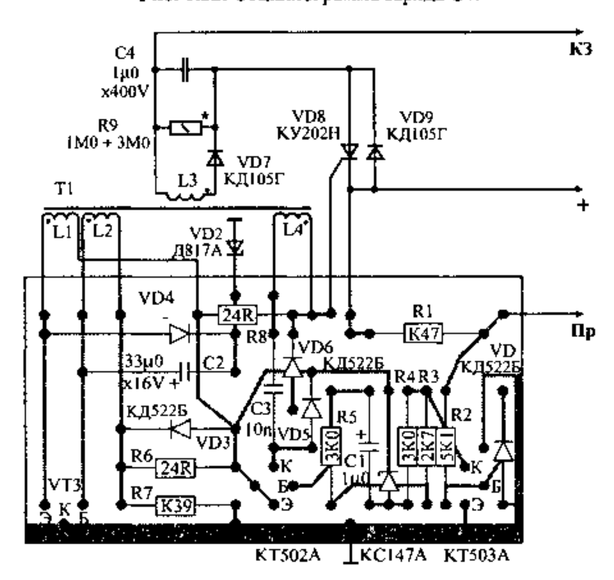


Рис. 6.23. Монтажная плата блока зажигания с подключением выносных элемитов.

8. Коммутатор Калашникова.

Предназначен для работы практически с любыми КЗ от контактных (классических) систем зажигания.

Накопление энергии осуществляется в высоковольтном электролитическом конденсаторе большой емкости.

Формируемый ток разрыва имеет импульсный характер, что позволяет достигать амплитуды до 13 А.

Величина тока потребления изменяется от 1 до 2,5 А в зависимости от частоты вращения КВ, длительность разряда при этом линейно снижается.

Обеспечивает работу двигателя на обеднённой топливо-воздушной смеси, заметно снижает токсичность на холостом ходу и малых нагрузках, можно несколько снизить холостой ход.

Увеличивает энергию разряда на холостом ходу в 3 раза, а при пуске в 4 раза.

При пуске двигателя система должна выдавать 24 импульса, а при максимальных оборотах 3 импульса (при этом длительность каждого разрядного импульса не зависит от оборотов двигателя).

Убирает "провалы" при резком росте нагрузки на малых оборотах.

Принципиальная схема коммутатора показанана на рис. 6.24-1 (блок А1 показан условно).

К недостаткам можно отнести:

1. У блоков первых выпусков, ток разрыва на контактной группе в 2 ÷ 4 раза меньше тока самоочищения контактов (I_{co} = 200 ÷ 500 мА). Значит, придётся зачищать контакты через 3 ÷ 5 тысяч километров, или отключать блок для самоочистки контактов.

2. При t = - 40°С коммутатор не работает, если $U_{пит}$ < 12 В. Применяемая элементная база ограничила его предел -35°С. При этой температуре можно рассчитывать на нормальную работу блока при $U_{пит}$ = 6 ÷ 12 В.

3. Плохой тепловой контакт выходного транзистора с корпусом (радиатором) коммутатора.

Внешний вид корпуса коммутатора показан на рис. 6.24-2.

Монтажная плата коммутатора представлена на рис. 6.25.

Примечание. Штатная система зажигания "Жигулей" иногда грешит "обратным пробоем" бегунка, при котором часть искры уходит через пятку бегунка в "противоположный" цилиндр, где идёт процесс наполнения. Чем выше энергетическая возможность СЗ, тем больше вероятность такого обратного пробоя, поэтому надо использовать бегунок с укороченной задней частью.

При установке коммутатора, особое внимание уделить надежности контакта корпуса коммутатора с корпусом (массой) автомобиля.

6.2. ЭЛЕКТРОННЫЕ КОММУТАТОРЫ БЕСКОНТАКТНОЙ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ

Электронным коммутатором бесконтактной системы зажигания (БСЗ) называется устройство, выполняющее следующие основные функции:

- формирование выходного токового импульса необходимой амплитуды и длительности, подаваемого к первичной обмотке катушки (или катушек) зажигания для обеспечения заданного уровня высокого напряжения и энергии искры;

- обеспечение момента искрообразования в соответствии с заданным фронтом управляющего импульса, поступающего на вход коммутатора;

- стабилизация параметров выходного токового импульса при колебаниях напряжения бортовой сети автомобиля и воздействии внешних факторов.

Многие типы коммутаторов выполняют дополнительно защитные функции, такие, как:

- предотвращение протекания первичного тока через первичную обмотку катушки зажигания при включенном замке зажигания и неработающем двигателе;

- обеспечение стабильного питания и защита от импульсов перенапряжения в бортовой сети автомобиля в аномальных режимах микропереключателя на эффекте Холла;

- обеспечение ограничения амплитуды импульса вторичного напряжения в аномальных режимах (например, в режиме открытой цепи).

На входные клеммы коммутатора поступают импульсы управления, формируемые бесконтактным датчиком углового положения коленчатого вала двигателя или электронным регулятором опережения зажигания - корректором.

Выходом (нагрузкой) коммутатора является первичная обмотка катушки зажигания или обмотки катушек зажигания. В последнем случае электронный коммутатор выполняет функцию распределителя высоковольтных импульсов по цилиндрам двигателя.

Классификация коммутаторов, применяемых на автомобилях представлена в табл. 6.2.

Табл. 6.2. Классификация коммутаторов для БСЗ.

коммутаторы с накоплением энергии в индуктивности		**коммутаторы с накоплением энергии в емкости**
по типу используемого датчика		
магнитоэлектрические	на эффекте Холла	прочие
по типу регулирования импульсов тока		
с постоянной скважностью		с нормируемой скважностью
по способу регулирования скважности импульсов		
с программным регулированием		с адаптивным регулированием
по типу обработки информации		
с аналоговыми регуляторами		с цифровыми регуляторами

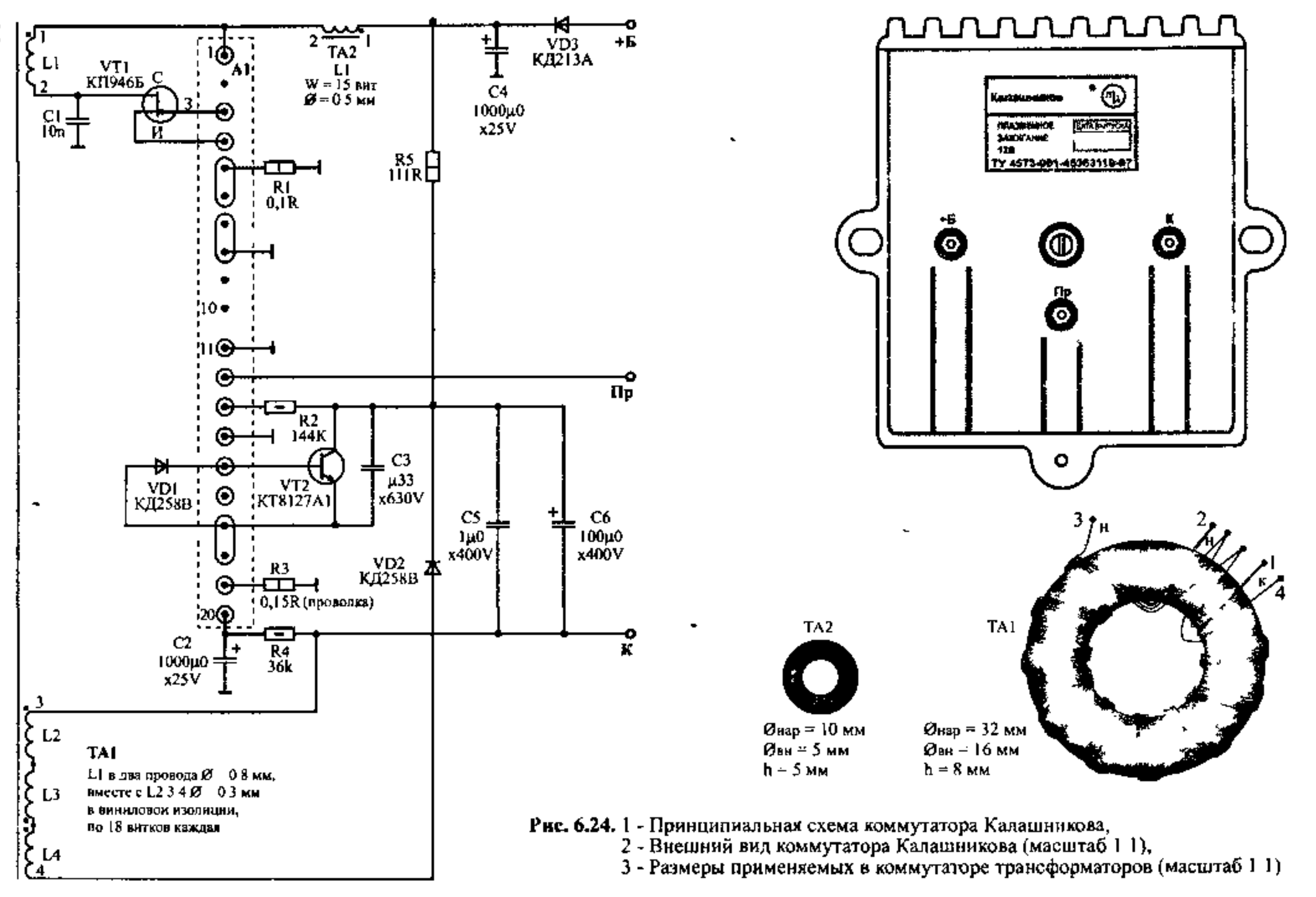


Рис. 6.24. 1 - Принципиальная схема коммутатора Калашникова,
2 - Внешний вид коммутатора Калашникова (масштаб 1 1),
3 - Размеры применяемых в коммутаторе трансформаторов (масштаб 1 1)

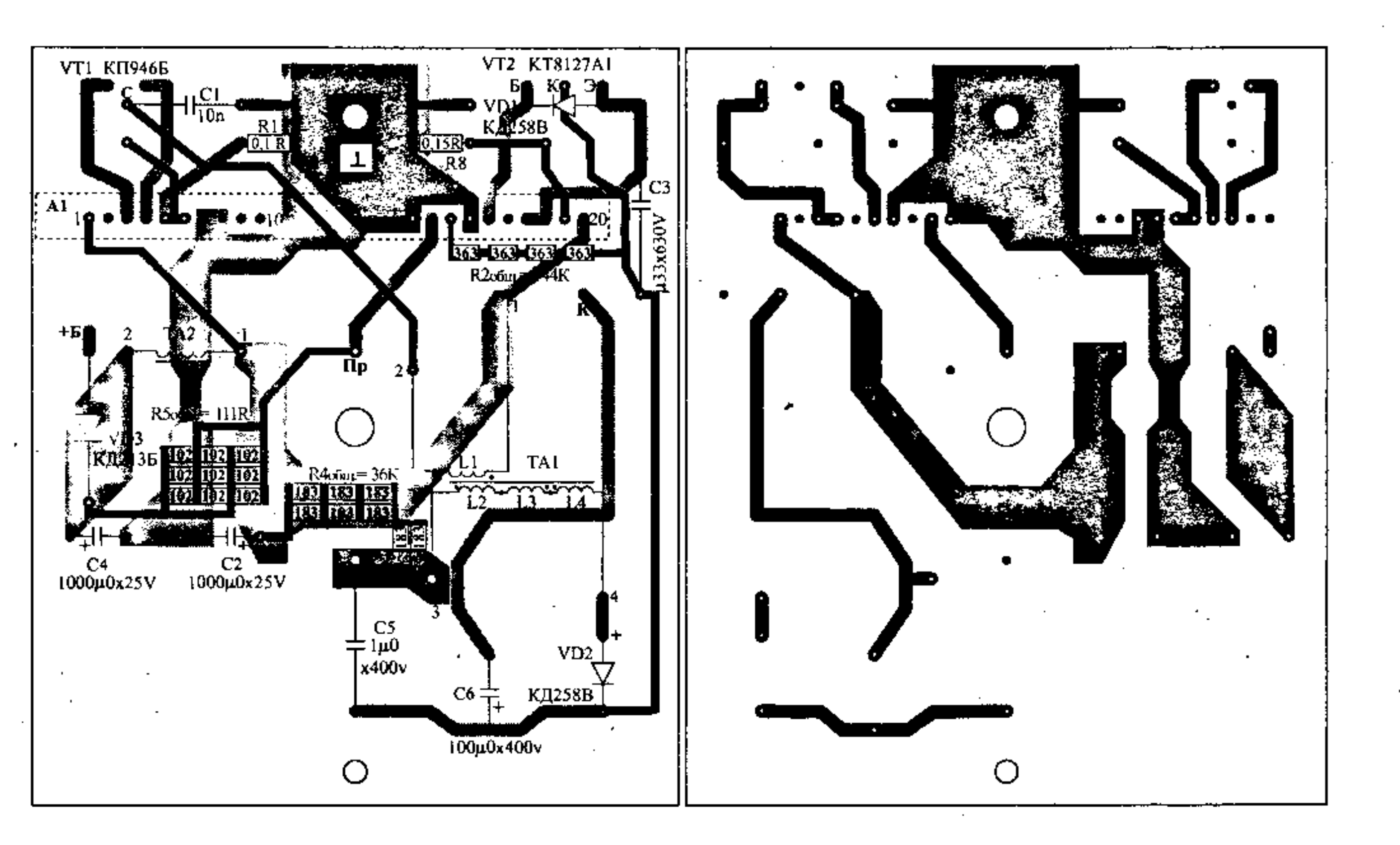


Рис. 6.25. Монтажная плата коммутатора Калашникова (масштаб 1:1).

6.2.1. Электронные коммутаторы БСЗ с электромагнитным датчиком

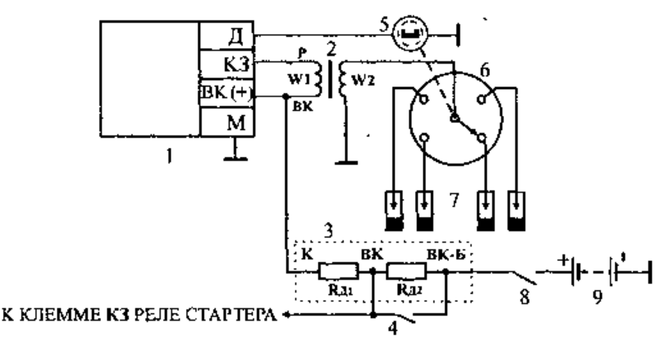


Рис. 6.26. Электрическая схема подключения коммутатора в бесконтактной СЗ с электромагнитным датчиком:
1 - коммутатор; 2 - катушка зажигания (КЗ); 3 - добавочный резистор Rд; 4 - контакты реле (шунтирующие Rд2 при пуске двигателя); 5 - электромагнитный датчик; 6 - распределитель; 7 - свечи зажигания; 8 - выключатель зажигания (ВЗ); 9 - аккумуляторная батарея (АБ).

1. Коммутатор ТК-200

Применяется в экранированных СЗ совместно с:

- катушкой зажигания Б-118, которая предназначена для работы в 12 и 24-вольтовой БСЗ в комплекте с добавочным резистором СЭ-326 или СЭ-325.
- добавочным резистором СЭ-326 расчитанным на работу с 12-вольтовой СЗ, его сопротивление равно 0,6 ÷ 0,8 Ом, или с СЭ-325 для 12 и 24-вольтовой СЗ, его сопротивление 2,7÷2,8 Ом.
- аварийным вибратором РС331.

ТК-200 предназначен для усиления сигналов датчика и коммутации тока в первичной обмотке КЗ, максимальное значение которого составляет 7 ÷ 8 А и обеспечивает бесперебойное искрообразование при частоте вращения вала датчика распределителя 1600 об/мин.

Клеммы соединения коммутатора обозначены буквами Д; КЗ; ВК - 12"; М и предназначены:

Д - для подключения датчика - распределителя;
КЗ - соединяется с клеммой Р катушки зажигания;
ВК-12 - одна клемма - для подключения АБ через фильтр радиопомех и Rдоп.
- вторая - соединяется с клеммой ВК катушки зажигания.
М - соединяется с массой автомобиля.

ТК-200 состоит из двух каскадов (см. рис. 6.27): формирующий на VT1,VT2 и VT3 (он усиливает сигнал датчика, т.к. его мощности недостаточно для управления VT4) и выходной на VT4, в цепь коллектора которого включена первичная обмотка W1 КЗ.

При неподвижном роторе импульсного датчика и при включенном выключателе зажигания VT1 закрыт, так как его база соединена с эмиттером через диод VД2, то есть они имеют одинаковый потенциал. Когда VT1 закрыт, VT2 открыт, так как его база через VД4, R3, VД6 соединена с положительным зажимом АБ и имеет положительный потенциал по отношению к эмиттеру. Ток проходит от "+" АБ к выключателю зажигания (ВЗ) через добавочный Rд, VД6, R6, коллекторно-эмиттерный переход VT2, R5, R7, R9, "массу" и - АБ. Ток эмиттера VT2 создает положительный потенциал на базе VT3, открывая его, и ток протекает через R8, коллекторно-эмиттерный переход и R9. Ток эмиттера VT3 открывает выходной транзистор VT4, эмиттерно-коллекторный переход которого включен последовательно в цепь первичной обмотки катушки зажигания. В цепь первичного тока I1, входят "+" АБ - ВЗ - W1 - КЗ - VД8 - коллекторно-эмиттерный переход VT4 - "масса", - А.Б. При вращении ротора импульсного датчика, в его обмотке возникает синусоидальное напряжение, которое подается на вход коммутатора и через VД1, R1 на базу VT1. При достижении максимального потенциала положительной полуволны датчика, а следовательно, и базы VT1, транзистор VT1 открывается. Ток, протекающий по цепи:

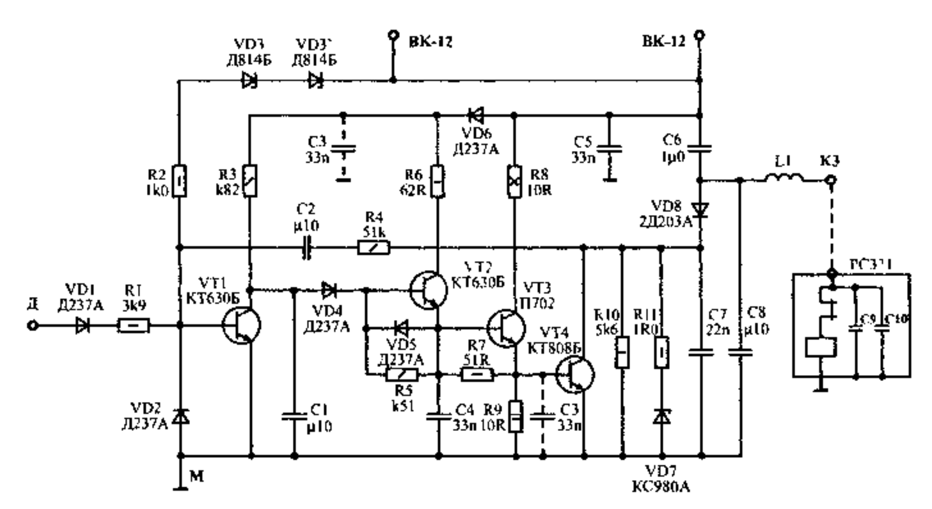


Рис. 6.27. Принципиальная схема коммутатора ТК-200.

диод VД6 - R3 - коллекторно-эмиттерный переход VT1, снижает ток базы VT2 практически до нуля и он запирается, переходя в режим отсечки, что автоматически приводит к запиранию VT3, VT4 и переходу их в режим отсечки. Ток I_1 в W1 K3 резко уменьшится и во вторичной обмотке W2 создается высокое напряжение, распределяемое по свечам зажигания ротором распределителя. Отрицательная полуволна датчика запирает VT1, открывая VT2. Открывание VT2 приводит к открыванию VT3 и VT4, вышеуказанный процесс повторяется. Исчезающий магнитный поток пересекает витки W1 K3, индуцируя в них ЭДС самоиндукции, которая может пробить транзисторы. Стабилитрон VД7 и R11, включенные параллельно VT4, защищают его от пробоя.

Под действием ЭДС самоиндукции заряжаются конденсаторы C6, C7. В контуре, состоящим из индуктивности W1 K3 и C6, возникают затухающие колебания. Диод VД8 защищает VT4 от обратного напряжения, возникающего в первичной обмотке во время колебательного процесса. Через диод VД8 положительная полуволна ЭДС самоиндукции по цепочке обратной связи, состоящей из R4, C2, VД6 действует на базу VT1, ускоряя его отпирание. В период пуска двигателя, частота вращения ротора, а, следовательно, и частота ЭДС датчика мала, поэтому возрастает время действия положительного импульса ЭДС датчика. За это время C2 успевает несколько раз зарядиться и разрядиться, а, следовательно, VT1, VT2, VT3, VT4 несколько раз переходят из открытого состояния в закрытое. Магнитный поток W1 K3 будет неоднократно пересекать витки W2 K3, что позволяет создать серию искр (до 10 искр) между электродами свечи, обеспечивая надежный запуск двигателя. Как только частота KB увеличивается до 600 об/мин и выше, частота заряда и разряда C2 в цепи обратной связи становится меньше частоты ЭДС датчика, и между электродами свечи будет возникать только по одной искре. Защита коммутатора от перенапряжений, возникающих в цепи генератора АБ, осуществляется цепочкой стабилитронов VД3 и R2. В случае повышения напряжения генератора до 17 ÷ 18 В через стабилитроны будет проходить ток в обратном направлении от плюсового вывода генератора через R2 на переход база - эмиттер VT1; независимо от работы датчика VT1 будет открываться, что вызовет запирание VT2, VT3, VT4 на время действия перенапряжения. На этом режиме работы коммутатора двигатель работает с перебоями, со значительным уменьшением частоты вращения KB.

Диоды VD4, VD5 и R5, R7, R9 предназначены для надежного запирания VT2, VT3, VT4, при открывании VT1. Конденсатор C5 исключает взаимное влияние каскадов при переходных режимах в K3. VД1, R1 защищают эмиттерный переход VT1 от перенапряжений и перегрузок по току при большой частоте вращения ротора, ограничивая подводимое к VT1 напряжение датчика

L1 - имеет 21 виток провода ПЭВ-2 - 0,5 ÷ 0,9 (диаметр намотки 8 ÷ 10 мм).

Потребляемый ток при включенном зажигании и неработающем двигателе, и напряжении аккумуляторной батареи 12 В составляет 4,7 ÷ 6,5 А.

R10
5K6 1Вт
VD8
КД203А
К VT4
C7
22n
C6
1μ0
C8
μ10
L1
K3
R4
51K
R11
1R0
C1 μ10
C3 33n
C2 μ10
VD6 Д237А
VD7
КС980А
C5
33n
+Uпит
R9
10R 2Вт
VD3 2С218Ж
R2
1k0
VD1
Д237А
3K9 R1
Э VT1
Б КТ630Б
К
R3 K82
Д
VD4
Д237А
VD2
Д237А
VT2
КТ630Б
К
Б
Э
R5 K51
62R 1Вт R6
51R
R7
C4 33n
VD5 Д237А
Б Э
VT4 VT3
VT4
КТ808Б
VT3
П702
R8
10R X Вт
ВК-12

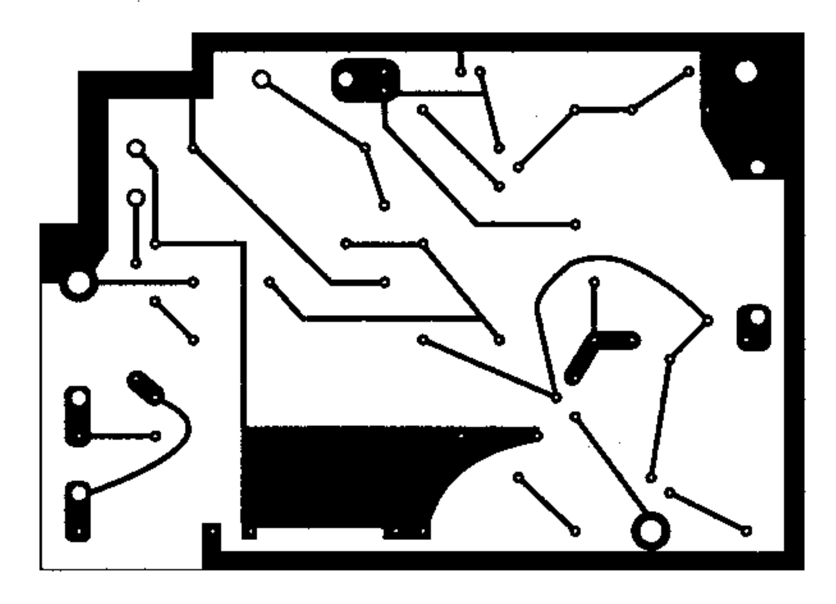


Рис. 6.28. Монтажная плата коммутатора ТК-200 - вариант 1 - ГОСТ 3940-84 (масштаб 1:1).

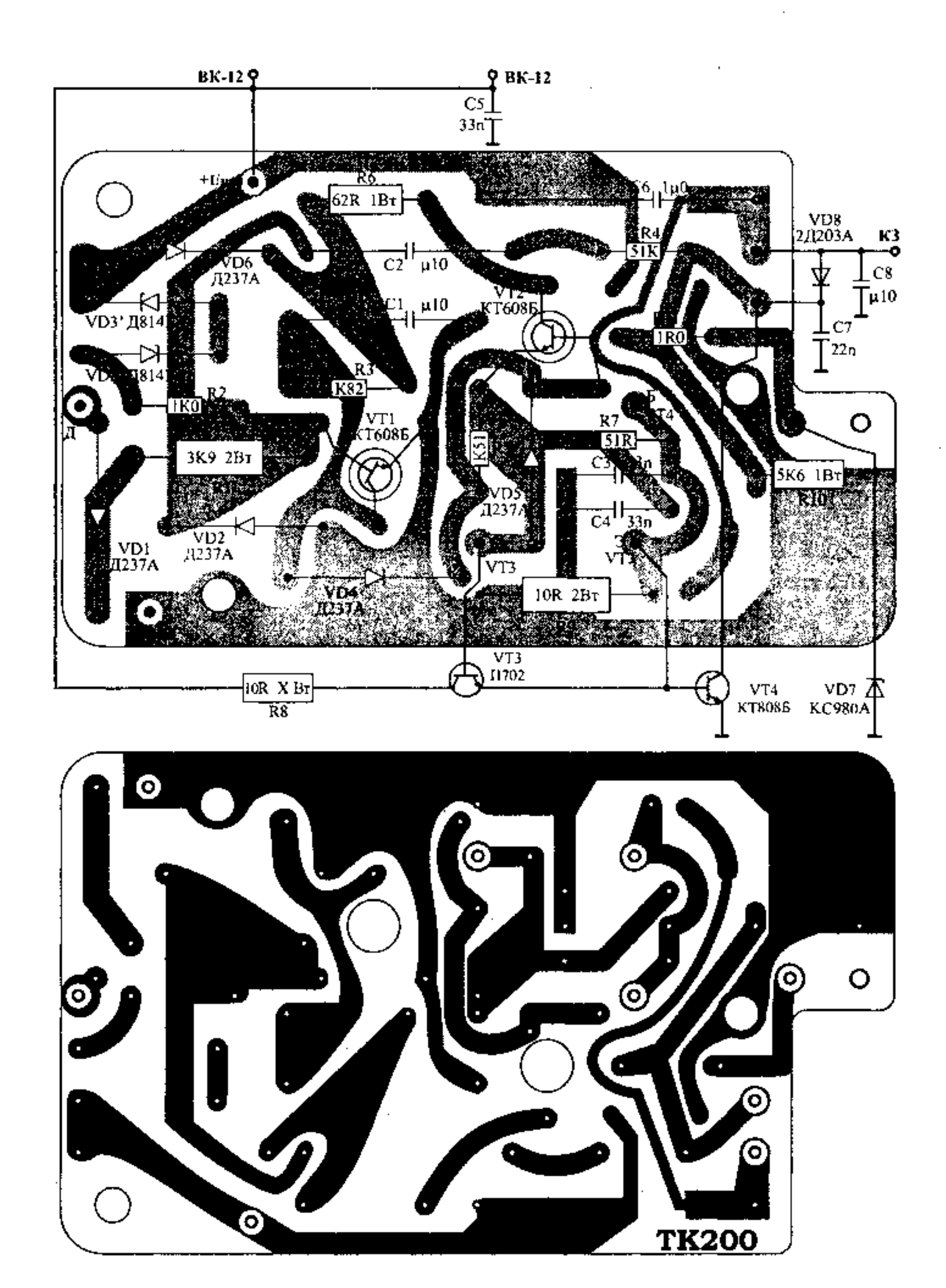


Рис. 6.29. Монтажная плата коммутатора ТК-200 - вариант 2 - ГОСТ 3940-71 (масштаб 1:1).

Работа СЗ с аварийным вибратором РС331 (в случае выхода из строя коммутатора или датчика) может допускаться лишь кратковременно (до 30 часов), ввиду интенсивного износа контактов вибратора и невозможности управления углом опережения зажигания. При работе вибратора момент подачи высокого напряжения к свечам зажигания определяется ротором распределителя и к каждой свече подается серия искр.

Наибольшее среднее значение тока, потребляемого аварийным вибратором - 2 А.

РС331 представляет собой обычное электромагнитное реле, изготовленное на базе реле блокировки РБ-1. Параллельно контактам включены два конденсатора. Вибратор экранирован и герметизирован.

Подключают вибратор пересоединением провода от разъема КЗ коммутатора (рис. 6.25) на разъем вибратора. При работе системы, ток от источника энергии проходит по W1 катушки зажигания, а затем по обмотке и через контакты вибратора на корпус автомобиля. Сердечник вибратора размагничивается и усилием пружины якорька происходит замыкание контактов. Прерывание тока в первичной обмотке W1 КЗ сопровождается размагничиванием ее сердечника и во вторичной обмотке W2 КЗ индукцируется импульс ЭДС.

Конденсаторы уменьшают искрение между контактами вибратора и при разряде вызывают ускорение размагничивания сердечника, повышая тем самым частоту вибрации контактов до 250 ÷400 Гц.

Примечание.

Если на автомобиле установлен карбюратор К-131, одновременно с переходом на аварийный режим, необходимо отключить систему ЭПХХ, для чего соединить одним из шлангов два штуцера карбюратора, минуя электромагнитный клапан. В противном случае возможна остановка двигателя при полностью отпущенной педали управления дроссельной заслонкой карбюратора.

После восстановления работоспособности БСЗ (замены коммутатора или датчика-распределителя) необходимо вернуть шланги карбюратора в исходное состояние.

Два варианта монтажных плат коммутатора ТК-200 показаны на рис. 6.28 и 6.29.

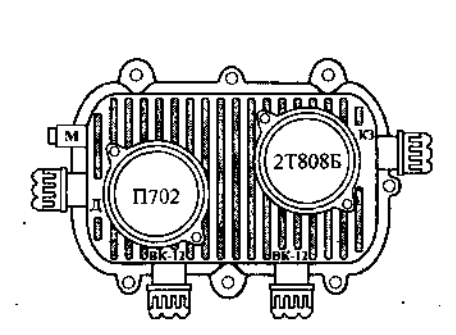
Внешний вид ТК-200 представлен на рисунке 6.30-а.

Внешний вид ТК-200-01 показан на рисунке 6.32.

Схема коммутатора ТК 200-01 представлена на рисунке 6.31.

Два варианта монтажных плат коммутатора ТК 200-01 показаны на рисунках 6.33 и 6.34

а)



б)

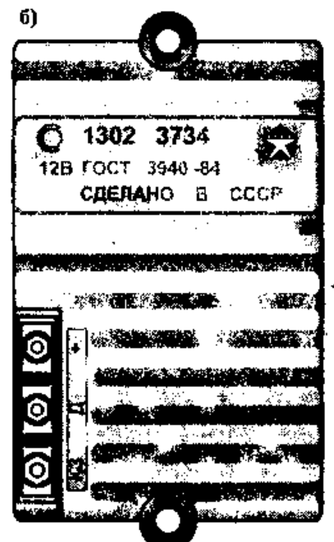


Рис. 6.30. Внешний вид коммутатора:
а - ТК-200 (масштаб 1:3); б - 1302.3734 (масштаб 1:2).

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Запрещается:

- соединять приборы БСЗ по схеме, отличной от схемы, приведенной на рис. 6.26;

-принудительно закорачивать выводы добавочного сопротивления при пуске и работе двигателя;

-эксплуатировать свечи зажигания с искровым промежутком более 1 мм;

-оставлять включенным зажигание при неработающем двигателе;

-отключать аккумуляторную батарею при работающем двигателе.

При монтаже проводов к катушке зажигания первым должен быть подсоединен вывод с маркировкой "Р", а при демонтаже первым должен быть отключен контакт с маркировкой "ВК".

При температуре окружающего воздуха ниже минус 20°С перед пуском двигателя рекомендуется осуществлять трехминутный прогрев транзисторного коммутатора, для чего включить зажигание и по истечению трех минут производить пуск двигателя.

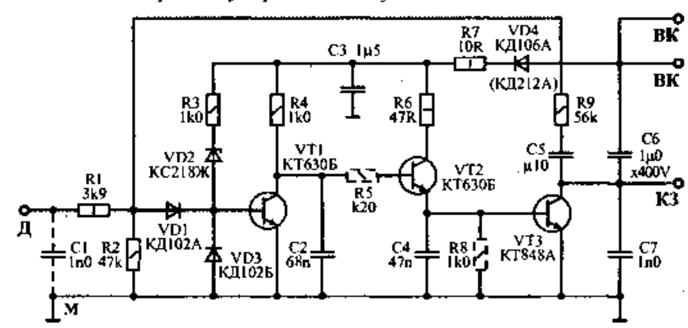


Рис. 6.31. Принципиальная схема коммутатора ТК-200-01.

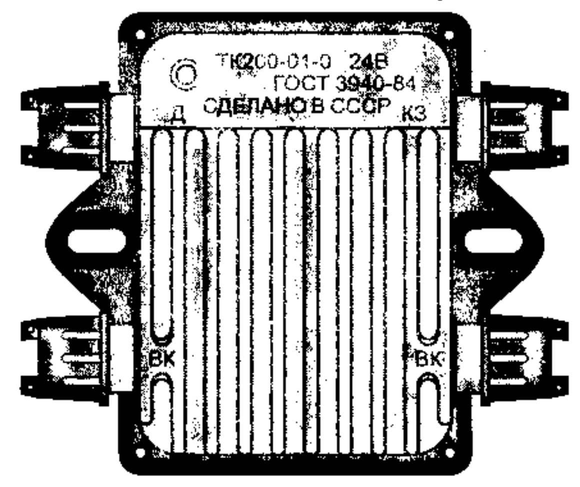
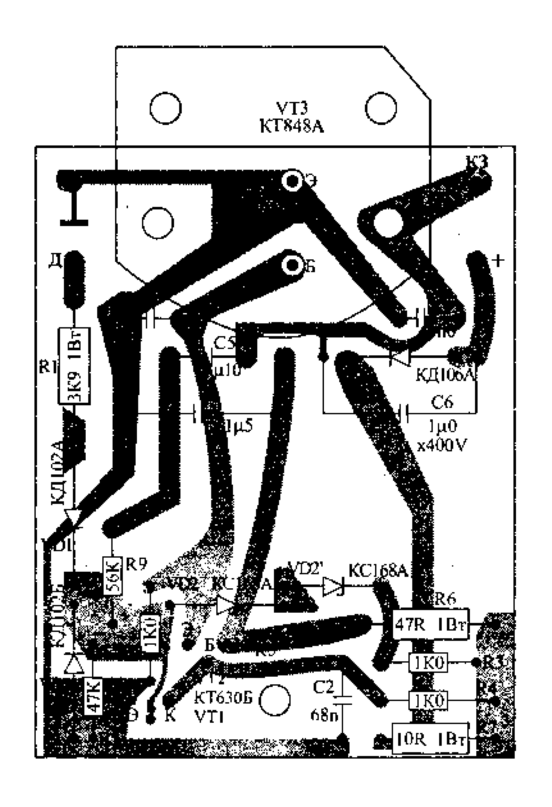


Рис. 6.32. Внешний вид коммутатора ТК-200-01 (масштаб 1:2).

2.Коммутатор 1302.3734, 13.3734 и ТК-108

Электрическая схема коммутатора 1302.3734 отличается от схемы коммутатора ТК-200 наличием на входе коммутатора цепочки C1-R1 (см. рис. 6.35), устраняющей дополнительное опережение угла зажигания, вызванное работой магнитоэлектрического датчика.



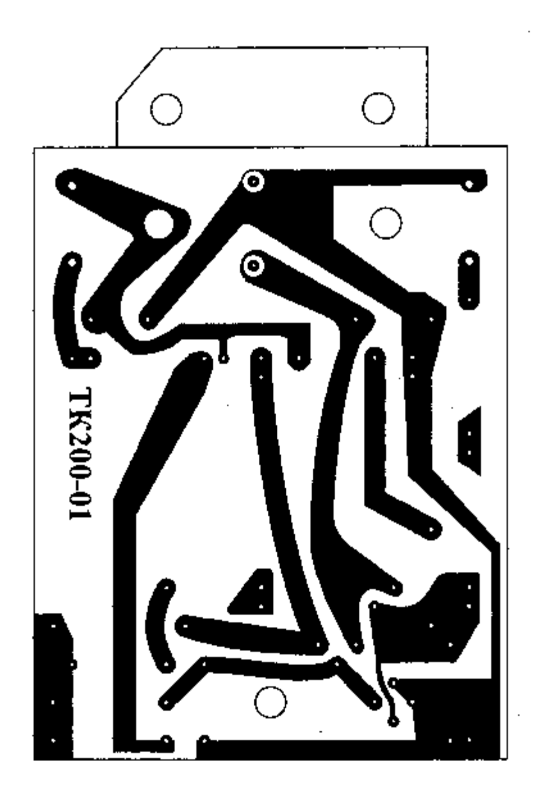
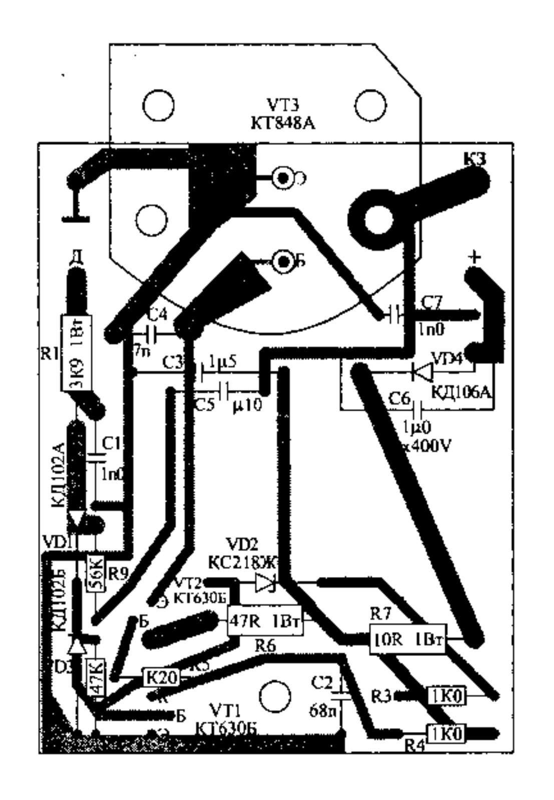


Рис. 6.33. Монтажная плата коммутатора ТК200-01 - вариант 1 (масштаб 1:1).



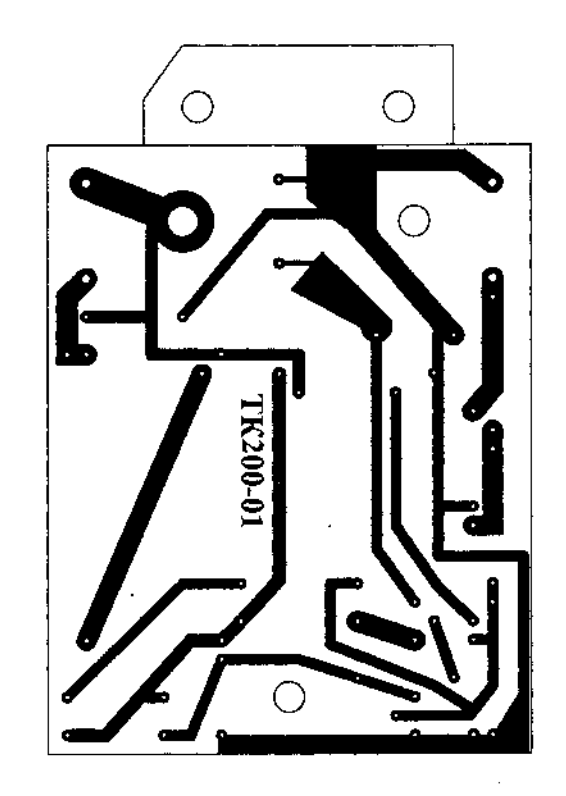


Рис. 6.34. Монтажная плата коммутатора ТК200-01 - вариант 2 (масштаб 1:1).

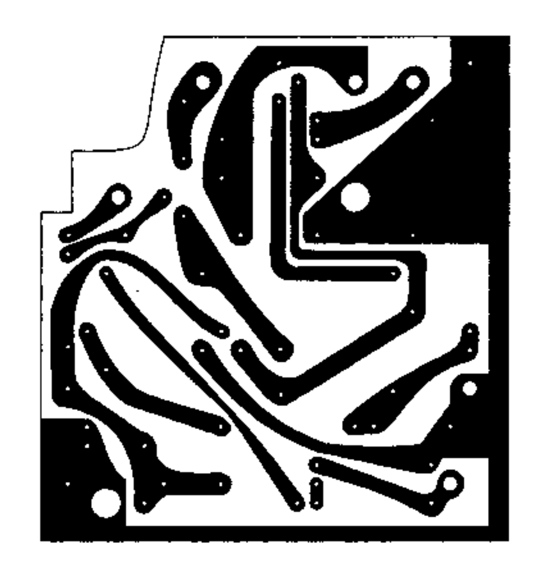


Рис. 6.35. Монтажная плата коммутатора 1302.3734
(масштаб 1:1).

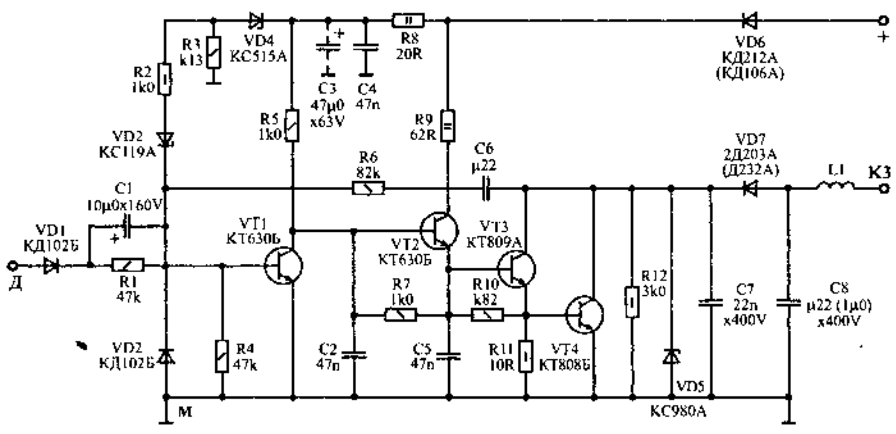


Рис. 6.36. Принципиальная схема коммутатора 1302.3734, 13.3134.

Известно, что при большой частоте вращения ротора датчика импульсов, импульсы напряжения датчика имеют более крутые фронты и переключение транзисторного коммутатора происходит раньше, вызывая дополнительный сдвиг угла опережения зажигания. Для исключения опережения необходимо увеличить порог срабатывания транзисторного коммутатора пропорционально частоте вращения ротора датчика импульсов. Эту функцию и выполняет цепочка C1, R1. Положительные импульсы датчика поступают на базу входного транзистора VT1 коммутатора через конденсатор C1, вызывая его заряд. После окончания положительного импульса конденсатор C1 разряжается на резистор R1, и если частота вращения ротора датчика импульсов низкая, то к следующему импульсу конденсатор полностью разрядится.

С повышением частоты вращения ротора датчика конденсатор C1 не будет успевать разряжаться к моменту прихода следующего положительного импульса и напряжение на нем будет приложено к эмиттерно-базовому переходу транзистора V3 в запирающем направлении, т. е. будет увеличивать порог срабатывания коммутатора.

Внешний вид коммутатора 1302.3734 показан на рис. 6.28-б.

Монтажная плата представлена на рисунке 6.35.

Электрическая схема коммутатора ТК-108 отличается - отсутствием схемы защиты от перенапряжений в бортовой сети автомобиля и установкой электролитического конденсатора C3 большой емкости (см. рис. 6.37), для увеличения помехоустойчивости блока.

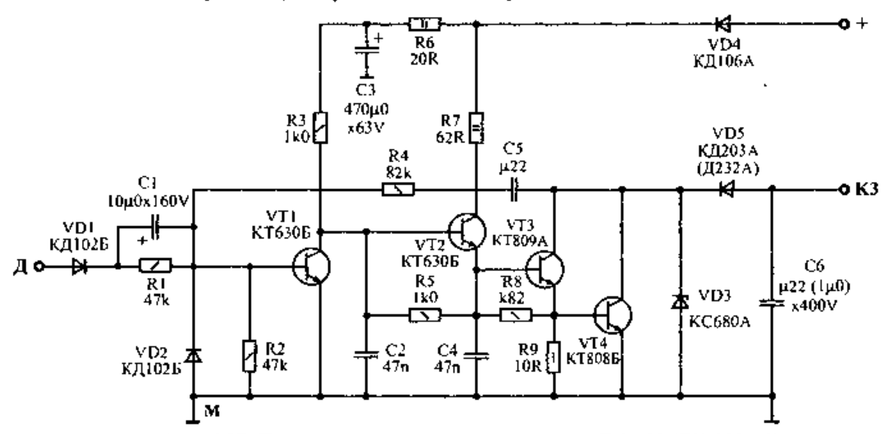


Рис. 6.37. Принципиальная схема коммутатора ТК-108 (ТК-108-10).

3. Коммутатор 13.3734; 13.3734 - 01.

Эти коммутаторы (схемы на рис. 7.1, 7.2, платы на рис. 7.4, 7.6, 7.7) производства Ульяновского и Старо - Оскольского заводов, своего рода эталоны - расположение компонентов продумано (с точки зрения вибро- и ударопрочности), хороший теплоотвод (радиатор) для силового транзистора. Но попадаются экземпляры с неустановленной цепочкой VD3, R4.

Внешний вид показан на рисунке 7.3-1 и 2.

Ток разрыва - 6,5 А
Применяются только с добавочным резистором.

На рис. 7.5 изображена плата показывающая каким не должен быть коммутатор. Но подобные образцы встречаются в корпусах выше перечисленных коммутаторов, что снижает престиж (по надежности) заводских изделий.

4. Коммутатор 468 332 007 - аналог 13.3734 (Ульяновск).

Расположение компонентов не продумано, есть детали которые припаяны с обратной стороны платы. Транзистор имеет плохой тепловой режим.

Ток разрыва - 6,5 А
Применим только с добавочным резистором.

5. Коммутатор 13.3734 в корпусе коммутатора
131.3734 - ПРЕРЫВАТЕЛЬ ЗАЖИГАНИЯ.

Уровень сборки и схемотехника коммутатора плохи настолько, что говорить о какой либо надежности не возможно.

Внешний вид показан на рисунке 7.17-2.

Принципиальная схема представлена на рис. 7.27, а монтажная плата на рис. 7.28 и рис. 7.29.

6. Коммутатор 131.3734 и 468 332 008 - аналог 131.3734 (Ульяновск).

Очень неудачно расположены элементы и сделана проводка. Индикаторный резистор в виде спирали или печатного проводника на плате не обеспечивает точной регулировки тока разрыва. Тяжелый тепловой режим транзистора, из-за уменьшения площади радиатора в коммутаторе 468 332 008.

Ток разрыва - 6,5 А
Применяются без добавочного резистора.

Внешний вид показан на рисунке 7.9-1 (131.3734) и рис. 7.9-2 (468 332 008).

Принципиальная схема представлена на рис. 7.8, а монтажные платы на рис. 7.10 и 7.11.

7. Коммутатор 131.3734 (Старый Оскол).

Внешний вид показан на рис.7.13-1.

Добротное изделие (рис. 7.14) с продуманным расположением элементов и хорошим теплоотводом от транзистора. Индикаторный резистор - нихромовая спираль.

Но встречаются экземпляры (см. рис. 7.15), имеющие серьезные недостатки: 1- отсутствует делитель R10/R12, определяющий уровень ограничения тока разрыва, 2 - индикаторный резистор в виде печатного проводника. Внешний вид показан на рис.7.13-2.

Схема представлена на рис. 7.12.

Ток разрыва - 7,5 А
Применяются без добавочного резистора

Другой коммутатор этого завода, с незначительными изменениями в схеме (рис. 7.18), показан на рис. 7.19 (внешний вид) и рис. 7.20 (монтажная плата).

К недостаткам можно отнести туже спираль вместо индикаторного резистора и низкое качество применяемых конденсаторов.

8. Коммутатор 90.3734 (Калуга).

Лучший в своем классе. Прекрасный теплоотвод от силового транзистора зарубежного производства. Высокая вибро- и ударопрочность конструкции. Индикаторный резистор покупной, со стабильной характеристикой.

Принципиальная схема показана на рис. 7.12.

Ток разрыва - 9,0 А
Применяется без добавочного резистора.

Внешний вид показан на рисунке 7.17-1.
Монтажная плата представлена на рис. 7.16.

9. Коммутатор 94.3734 (Чебоксары).

Добротное изделие с продуманным расположением элементов и хорошим теплоотводом от транзистора. Индикаторный резистор покупной, со стабильной характеристикой.

Принципиальная схема показана на рис. 7.21.
Внешний вид показан рис. 7.22.
Монтажная плата на рис. 7.23.

Попадаются экземпляры с неряшливой сборкой, плохой вибропрочнотью и индикаторным резистором из медного провода (спираль), сопротивление которого сильно зависит от температуры.

Ток разрыва - 7,0 А
Применяется без добавочного резистора.

10. Коммутатор 468 332 131 - аналог 131.3734

Коммутатор 468 332 131 собран по схеме аналогичной вышеперечисленных изделий, основное отличие заключается в применении в цепи питания микросхемы DA1 микросхемного стабилизатора DA2 КР142ЕН12А (рис. 7.24).

К недостаткам можно отнести - спираль вместо индикаторного резистора и низкое качество применяемых конденсаторов.

Применяется без добавочного резистора

Внешний вид показан на рисунке 7.25.
Монтажная плата представлена на рис. 7.26.

11. Электронный коммутатор 84.3734 - 02

Основные технические характеристики:

Номинальное напряжение питания .... - 12 В;
Допустимое изменение напряжения питания - 6 ÷ 16 В;
Ток разрыва коммутатора .... - 8 А;
Средний ток потребления коммутатора .... - 2 А;
Время отключения тока .... - 1,5 ÷ 3 с.

Электронный коммутатор 84.3734 - 01 может применяться вместо вышеперечисленных коммутаторов.

12. Электронный коммутатор MTR 02 (made in ITALY)

Схема содержит следующие основные элементы: бескорпусной выходной транзистор VT1, специализированную микросхему DA1 (L484D1) совместно с навесными миниатюрными конденсаторами, корпусным диодом, толстопленочными резисторрами, выполняющую основные функции коммутатора.

Принцип работы коммутаторов на микросхеме L482/D1 рассмотрен в главе 5.2.1 "Радиоэлементы, применяемые в коммутаторах".

Принципиальная схема показана на рис. 6.38.

Монтажная плата на рис. 6.39.

Внешний вид показан рис.6.40.

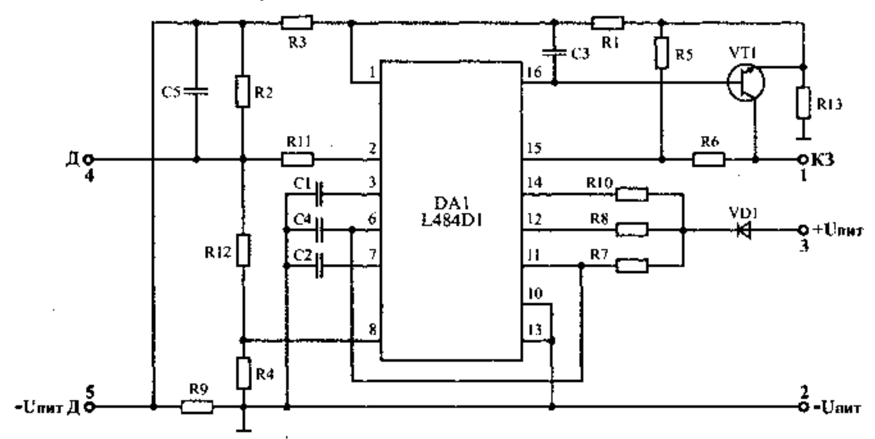


Рис. 6.38. Принципиальная схема коммутатора MTR 02.

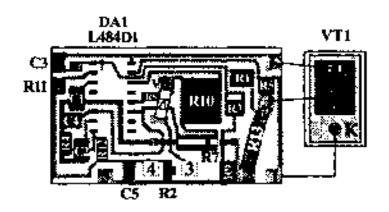
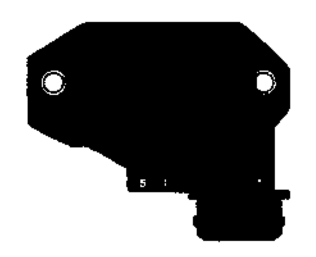


Рис.6.39. Монтажная плата коммутатора MTR 02 (масштаб 1:1).



Назначение выводов коммутатора:

1 - к катушке зажигания;
2 - минус Uпит (масса) коммутатора;
3 - плюс Uпит коммутатора;
4 - к выходу эл. магнитного датчика;
5 - минус Uпит (масса) датчика.

Рис. 6.40. Внешний вид коммутатора MTR 02 (масштаб 1:2).

Примечание.

Коммутатор MTR 02 применяется на импортных автомобилях, но в случае выхода из строя, его можно заменить на отечественный коммутатор 131.3734 или его аналог.

Общее примечание.

При попытке подключить последовательно с катушкой дополнительный резистор, мощность рассеиваемая на транзисторе коммутатора 131.3734 и его аналогов не снизится, а возрастет!

Причина проста - резистор увеличивает "постоянную времени" системы, а потому для достижения нужного тока разрыва коммутатору придется поработать подольше (рис. 6.41).

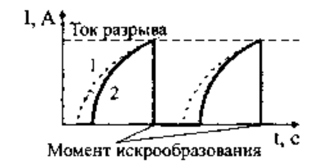


Рис. 6.41. График нарастания тока в КЗ:
1 - с добавочным резистором Rд;
2 - без добавочного резистора Rд
(заштрихованная область - это и есть перегрев коммутатора).

13. Блок импульсного плазменного зажигания ОН 427 - 02

Совместно с электромагнитными датчиками применяется блок зажигания ОН 427 - 02. Описание блока рассмотрено в главе 6.1.

Общее примечание.

К сожалению плохое качество сборки и применяемых деталей, а также большое количество подделок, не позволят выделить явного лидера среди коммутаторов отечественного производства. Но к наиболее достойным можно отнести: коммутатор 90.3734 и 94.3734.

Поэтому, если у Вас сломается коммутатор и вы не смогли купить один из выше названых хороших коммутаторов, лучшим выходом из положения будет отремонтировать свой.

Тем более, что ремонт обычно можно свести к элементарной замене:

1 - выходного транзистора или микросхемы;

2 - индикаторного резистора;

3 - отдельных элементов схемы на номиналы указанные в принципиальной схеме для Вашего коммутатора.

При этом не забудьте положить под силовой транзистор и радиатор теплопроводящую пасту.

Если же Вы все таки вынуждены приобрести новый коммутатор, то при покупке обратите внимание на его внешний вид, если корпус имеет раковины и не обработан, то можете быть уверены, внутри такое же качество.

Но и приличный внешний вид не гарантирует Вам 100% надежность коммутатора, поэтому после того как истечет срок гарантии, вскройте его и выполните пункты 2 и 3, перечисленные выше. Этим Вы как минимум продлите срок службы коммутатора. А свой сломанный коммутатор отремонтируйте и положите, как запасной, в машину.

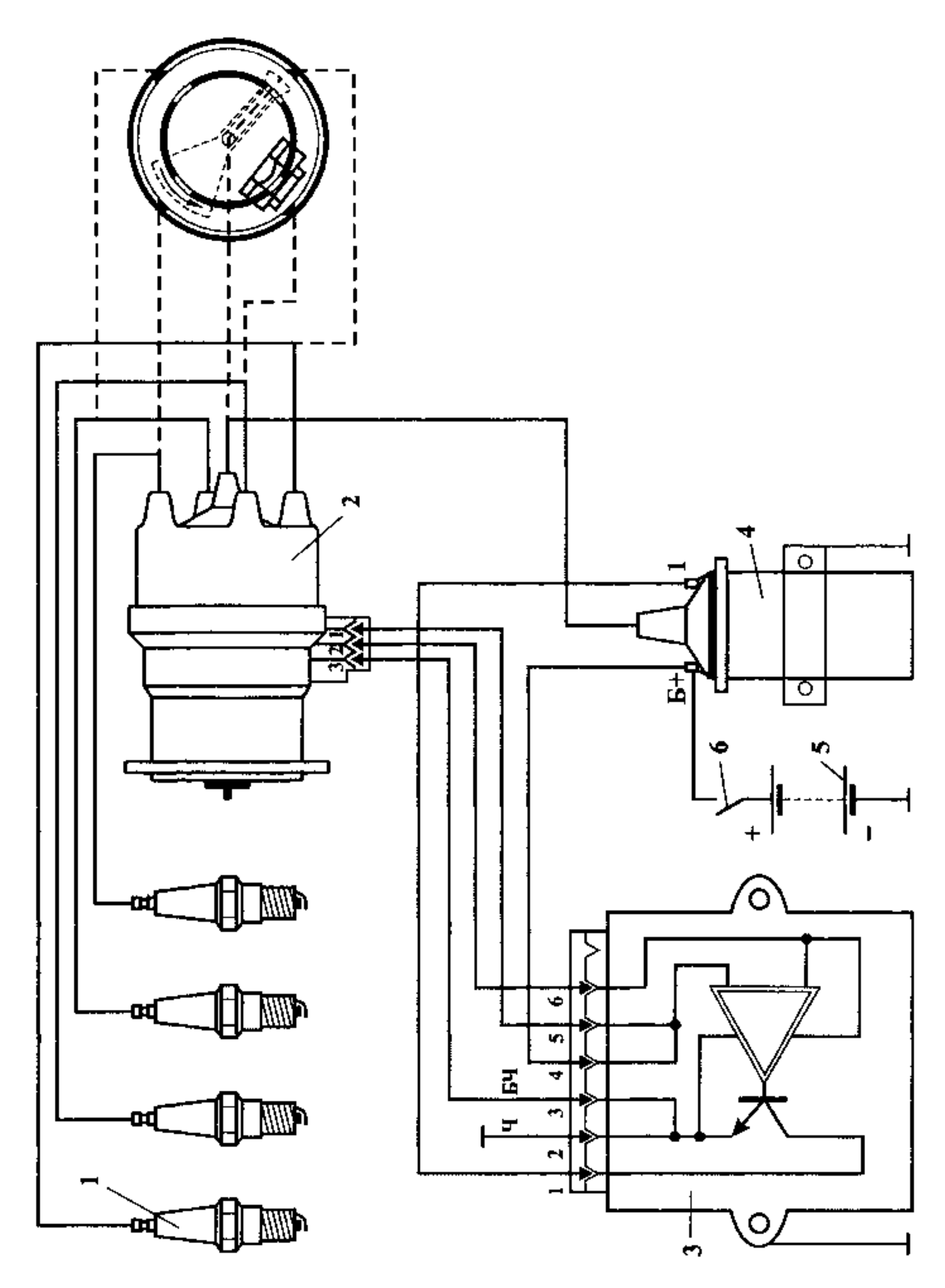


Рис. 6.43. Электрическая схема подключения коммутатора в БСЗ с датчиком Холла
1. свечи зажигания; 2. датчик - распределитель; 3 коммутатор; 4. КЗ; 5. АБ; 6. ВЗ.

6.2.2. Электронные коммутаторы бесконтактной системы зажигания с датчиком Холла

6.2.2-а. Коммутаторы собранные на микросхемах серии К1401

1. Коммутатор 36.3734 (М36.3734, Б550, "Вымпел", ТК-8)

Первый отечественный коммутатор с нормированной скважностью импульсов выходного тока, выполнен по дискретной технологии. Рассчитан для работы с бесконтактным датчиком Холла. В качестве нагрузки используется катушка 27.3705 и другие с аналогичными харктеристиками.

В коммутаторе реализовано программное регулирование времени накопления энергии в первичной обмотке КЗ, активное ограничение уровня первичного тока (8 ÷ 9 А), ограничение амплитуды импульса первичного напряжения (350 ÷ 400 В), безискровое отключение первичного тока при остановленном двигателе. Последнее предназначено для плавного запирания коммутационного транзистора с целью предотвращения искрообразования при остановке двигателя, когда КЗ осталась под напряжением (рис. 6.44).

Основные функциональные узлы выполнены на операционных усилителях DA1.1 ÷ DA1.4, которые являются компонентами микросхемы К1401УД1. На базе усилителей DA1.1 и Da1.3 реализованы интегратор и компаратор схемы нормирования скважности импульсов выходного тока. На усилителе DA1.2 собрана схема безыскрового отключения тока. На усилителе DA1.4 компаратор схемы ограничения амплитуды выходного тока.

В качестве выходного транзистора применен транзистор Дарлингтона КТ848А.

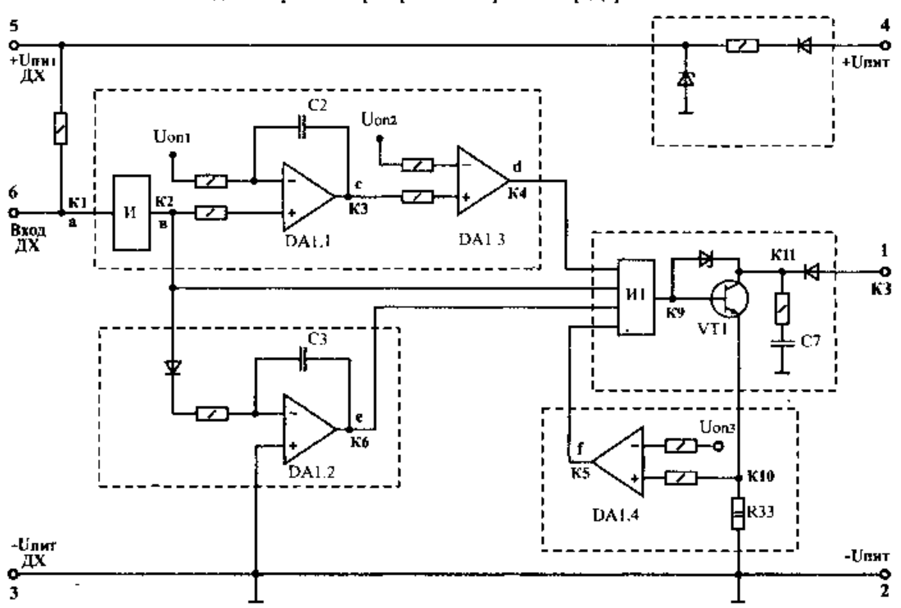


Рис. 6.44. Блок - схема коммутатора 36.3734.

Прямоугольный сигнал, задний фронт которого соответствует моменту искрообразования, с датчика Холла (**К1**) подается через инвертор И (**К2**) блока нормирования времени накопления энергии на вход интегратора DA1.1 на входе интегратора (**К3**) образуется пилообразный сигнал, напряжение которого пропорционально углу поворота датчика - распределителя и сравнивается с опорным напряжением Uоп2 в компараторе DA1.3. Если напряжение интегратора поданное на вход компаратора больше опорного, то на выходе компаратора будет положительное напряжение (логическая единица), если меньше - напряжение отсутствует (логический ноль). Выходной

сигнал с компаратора DA1.3 (**К4**) подается на вход схемы совпадения И1 (логическая схема ИЛИ-НЕ - транзистор VT2), управляющей работой выходного транзистора VT4. Наличие на этом входе положительного (единичного) уровня, определяет выключенное состояние выходного транзистора (оно имеет место при положительных "единичных" сигналах в точках **К2** и **К4**). При переходе компаратора DA1.3 из состояния логической единицы в состояние логического нуля схема И1 открывает выходной транзистор (открытиеVT4 (**К10**) наступает при наличии на входе И1 четырех "нулевых" уровней сигналов (**К2, К4, К5, К6**), при этом в первичной обмотке К3 появляется ток (постепенное (4 ÷ 8 мс) нарастание силы тока до максимальной величины 8 ÷ 9 А)

При поступлении на вход схемы И1 сигнала логической единицы с выхода компаратора DA1.3, транзистор VT4 закрывается, ток в первичной цепи резко исчезает, а во вторичной обмотке К3 индуцируется импульс высокого напряжения. "Нулевой" уровень в точке **К5** наблюдается до тех пор, пока ток в цепи силового транзистора VT4 не достигнет заданного значения.

Блок компаратора собранный на усилителе D1.4 ограничивает силу тока первичной цепи. При достижении тока величины 8 ÷ 9 А, на выходе компаратора D1.4 возникает "единичный" уровень (**К5**), поскольку на его вход подается сигнал с индикаторных резисторов R33, R33" включенных в силовую цепь выходного транзистора. Падение напряжения на этих резисторах пропорционально току первичной цепи. Если ток становится больше 9 А, то напряжение снимаемое с индикаторных резисторов становится больше опорного Uоп3 и с компаратора DA1.4 на схему совпадения И1 поступает сигнал. Изменение состояния на входе И1 приводит к приоткрытию транзистора VT2 и соответственно к переходу транзистора VT4 из состояния насыщения в активное. Увеличение сопротивления участка эмиттер-коллектор приведет к ограничению силового тока до требуемого значения. Уровень ограничения амплитуды тока устанавливается выбором опорного напряжения Uоп3 компаратора DA1.4.

Усилитель DA1.2 использован в схеме безыскровой отсечки тока в силовой цепи при не вращающемся вале двигателя. Эта схема представляет собой интегратор с постоянной времени интегрирования, значительно превышающий период следования искр при самой малой скорости вращения КВ двигателя. При этом интегратор не оказывает влияния на основные схемы коммутатора, так как сигнал с интегратора DA1.2 поступающий на вход И1 соответствует логическому нулю. Через 2 ÷ 5 с после остановки двигателя сигнал интегратора линейно возрастает, и при достижении определенного уровня схема совпадения И1 начинает постепенно уменьшать ток базы транзистора VT4, что приводит к увеличению сопротивления участка эмиттер-коллектор транзистора VT4 и снижению тока в первичной цепи. При этом высокое напряжение во вторичной цепи мало и недостаточно для возникновения искрового разряда.

Нормирование времени накопления энергии в зависимости от частоты вращения осуществляется задержкой включения выходного транзистора относительно управляющего сигнала датчика, для того чтобы обеспечить требуемую энергию искрового разряда при любом скоростном режиме работы двигателя и при изменении питающего напряжения. Величина задержки зависит от разности между максимальным напряжением на конденсаторе С2 и опорным напряжением Uоп2. Чем выше частота вращения КВ двигателя, тем меньше напряжение на конденсаторе С2 и следовательно, время задержки уменьшается. А время прохождения тока в первичной обмотке К3 остается практически неизменным, что обеспечивает стабильность энергии искрового разряда. При изменении величины питающего напряжения изменяется и опорное напряжение Uоп2 таким образом, что величина и время протекания тока в первичной обмотке К3 сохраняются неизменными, отсюда следует, что остается постоянной энергия искрового разряда.

Конденсатор С8 и резистор R35, а также цепь R34, R32, VD8 обеспечивают защиту выходного транзистора VT4 от импульсных перегрузок при работе К3. Цепь С4,С7,VD6 защищает схему от импульсных перенапряжений в бортовой сети.

Принципиальная схема коммутатора 36.3734 (ТУ 37.003.1185-83), ТК-8 (ТУ25-7107-0003-89) и Б550 (ТУ 25-7316 0043-90) представлена на рис. 7.31 ,коммутатора "Вымпел" (АРР 3.212.008 ТУ) на рис. 7.35 и коммутатора М36.3734 на рис. 7.39).

Основные технические характеристики:

> Номинальное напряжение питания - 13,5 В;
> Допустимое изменение напряжения питания - 6 ÷ 16 В;
> Ток разрыва коммутатора - 7,5 ÷ 8,5 А;
> Время накопления тока - 7,8 мс при частоте 33,3 Гц и - 3,2 мс при частоте 150 Гц;
> Время отключения тока - 1,5 ÷ 3 с.

Внешний вид коммутаторов показан на рис. 7.30, 7.33, 7.37.

Монтажная плата коммутатора 36.3734 представлена на рис. 7.32, коммутатора Б550 - на рис. 7.34, "Вымпел" на рис. 7.36, ТК-8 на рис. 7.38, М36.3734 - на рис 7.40.

2. Коммутатор 42.3734

Идеи программного регулирования скважности импульсов выходного тока реализованы также в системах зажигания с низковольтным распределением высоковольтных импульсов напряжения.

Схема дискретного двухканального коммутатора 42.3734, разработана на основе коммутатора 36.3734.

Основное различие заключается в наличии двух выходных каскадов, управляющих работой двух выходных транзисторов. В свою очередь выходные каскады управляются сигналом "ВК" (выбор канала) контроллера через схему разделения каналов коммутатора посредством ключевого каскада на транзисторе.

Схема коммутатора также снабжена устройством формирования сигнала для управления тахометром.

Конструктивно коммутатор 42.3734 выполнен на двух печатных платах:

- плате управления, на которой размещена операционная часть коммутатора;
- силовой плате с элементами выходных каскадов и выходными транзисторами (выходные транзисторы смонтированы на дополнительном теплоотводе).

Обе платы установлены одна над другой в корпусе коммутатора.

Практический вариант исполнения коммутатора 42.3734 (ТУ 37003), рассмотрен во второй части справочника в главе "Контроллеры"

3. Коммутатор 72.3734 (Калуга), 78.3734 (Винница)

Основные технические характеристики:

Номинальное напряжение питания	- 13,5 В;
Допустимое изменение напряжения питания	- 6 ÷ 16 В;
Ток разрыва коммутатора	- 9 А;
Ток потребления	- ≤ 3 А.

Принципиальная схема коммутатора 78.3734 (ТУ У3.34-14307771-093-96 и ВЖРИ.465211. 001 ТУ) представлена на рис. 7.41.

Электрическая принципиальная схема коммутатора 72.3734 (ТУ37. 459.107-90) отличается только установкой резистора R2 на входе подключения датчика Холла и включением защитного диода VD4, на схеме (рис. 7.41) они показаны пунктирными линиями и указаны стрелками.

Монтажные платы коммутаторов 78.3734, 72.3734 представлены на рис. 7.43 и 7.44.

Основным преимуществом коммутатора 78.3734 перед его российским аналогом является более высокая пыле-влагозащищенность конструкции.

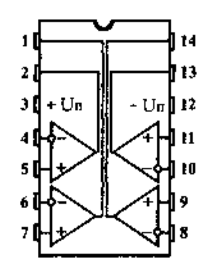
Внешний вид коммутаторов показан на рис. 7.42-а и б.

Коммутатор 78.3734 выпускается и в маленьком корпусе (рис. 7.46-а). В нем используется импортный аналог (LM 224N - цоколевка совпадает с микросхемой LM2902, см. рис. 6.46-б) отечественной микросхемы К1401УД2А,Б. Подобный коммутатор (рис.7.46-б) выпускается и в России. Однако исполнение у них хуже чем у их аналогов в большом корпусе.

Принципиальная схема коммутаторов 78.3734, 3640 (3620).3734 показана на рис. 7.45.

Монтажные платы коммутаторов представлены на рис. 7.47 и 7.48.

6.2.2-б. Коммутаторы собранные на микросхемах серии LM2901



1. Коммутатор K•A•E 1.209.210 (made in Germany) - вариант 1

В этом коммутаторе используется счетверенный компаратор **LM2901D** (корпус SO14), см. схему рис. 7.49. Однако схемотехника заложенная в нем не позволят ему долго работать.

Монтажная плата коммутатора представлена на рис. 7.50.

Внешний вид показан на рис. 7.105.

Рис. 6.45. Цоколевка микросхемы LM2901.

6.2.2-в. Коммутаторы собранные на микросхемах серии LM2902

1. Коммутатор 0529.3734

Коммутатор 0529.3734 (рис. 6.46-а) - коммутатор нового поколения, разработанный с использованием современного быстродействующего IGBT транзистора (BUK 866 в корпусе типа D-PAK), что позволило гарантировать надежность системы зажигания при достаточно жестких аварийных режимах.

Допускается длительное неправильное включение напряжения питания, при этом гарантируется не только безотказность коммутатора, но и отсутствие тока через катушку.

Коммутатор разработан специально для возможности установки на автомобиль с электрическими цепями низкого качества. Имеет повышенную помехоустойчивость.

В отличии от традиционных коммутаторов, допускается работа двигателя при отключенной аккумуляторной батарее, при этом гарантируется безотказность коммутатора.

Благодаря повышенной энергии искрообразования коммутатор позволяет достичь высоких технико-экономических показателей двигателя и облегчить его запуск даже при низком качестве топлива.

Имеет повышенный рабочий температурный диапазон. Надежность и соответствие техническим условиям гарантируется при температуре подложки коммутатора до 115° С.

Имеет осциллограммы токов и напряжений несколько отличные от традиционных, в процессе эксплуатации незначительный перегрев допускается, что не сказывается на параметрах искрообразования и на его надежности.

Не допускается короткое замыкание цепи питания датчика (контакт 5) на массу.

Гарантируется безотказность при воздействии повышенного напряжения питания до 25 В в течении 5 мин. при частоте искрообразования более 200 Гц (6000 об/мин. коленчатого вала четырехцилиндрового четырехтактного двигателя), допускается воздействие импульсных перенапряжений до 200 Вольт положительной и отрицательной полярности (технические условия ААНУ. 468332.001 ТУ).

Основные технические характеристики:

Номинальное напряжение питания	- 12 В;
Допустимое изменение напряжения питания	- 6 ÷ 18 В;
Ток разрыва коммутатора	- 7,5 ± 0,2 А;
Время накопления тока	- не нормируется;
Время отключения тока	- 1,5 ÷ 3 с;
Диапазон бесперебойного искрообразования	- 20 ÷ 7000 об/мин.



Рис. 6.46. а - Внешний вид коммутатора 0529.3734; б - цоколевка микросхемы LM2902.

Примечание:

1. Корпус коммутатора должен быть надежно соединен с корпусом автомобиля.
2. Запрещается производить замену коммутатора при включенном зажигании.
3. В коммутаторе используется микросхема LM2902D (счетверенный операционный усилитель, в корпусе SO14. Цоколевку см. на рис. 6.46-б).

$U_{ип}$ = ± 3 ÷ 26 В; $I_{вх}$ = 5 нА; $K_{ос.сф}$ = 70 дБ; $U_{см}$ = 7 мВ; $K_у$ = 100 дБ; $P_{пот}$ = 21 мВт.

4. Принципиальная схема и монтажная плата будут представлены в последующих изданиях справочника.

6.2.2-г. Коммутаторы собранные на микросхемах серии L497 (КР1055ХП1, 2, 4)

1. Коммутатор 2108-3734910-20 (made in HUNGARY)

Внешний вид коммутатора показан на рис. 7.52-1.

Этот коммутатор своего рода эталон - расположение компонентов продумано (с точки зрения вибро- и ударопрочности), хороший теплоотвод (радиатор) для силового транзистора и в нем реализованы все возможные защиты которыми располагает используемая в коммутаторе микросхема DA1 L497B (рис. 7.53).

Принцип работы коммутаторов на микросхеме L497B рассмотрен в главе 5.2.1 "Микросхемы и транзисторы, применяемые в коммутаторах".

Монтажная плата коммутатора 2108-3734910-20 (BMF 072-86-2) представлена на рис. 7.55.

2. Коммутатор 3620.3734 - ТУ37.003.1185-83 или ТУ37.464.017-89 (семиштырьковый).

Внешний вид коммутатора показан на рис. 7.52-2.

Упрощенный аналог коммутатора 2108-3734910-20, принципиальная схема представлена на рис. 7.54.

Основные технические характеристики:

Номинальное напряжение питания	- 13,5 В;
Допустимое изменение напряжения питания	- 6 ÷ 16 В;
Ток разрыва коммутатора	- 7,5 + 8,5 А;
Время накопления тока	- не нормируется;
Время отключения тока	- 1,5 ÷ 3 с.

Монтажная плата коммутатора 3620.3734 представлена на рис. 7.56 и рис. 7.57 - плата коммутатора 3620.3734, устанвливаемая в корпус коммутатора 36.3734 (внешний вид на рис. 7.58-1).

3. Коммутатор "PZE 4020" (made in BULGARIA).

Внешний вид коммутатора показан на рис. 7.58-2.

Является также упрощенным аналогом коммутатора 2108-3734910-20, принципиальная схема представлена на рис. 7.59.

Основные технические характеристики:

Номинальное напряжение питания	- 14 ± 0,3 В;
Допустимое изменение напряжения питания	- 6 + 16 В;
Ток разрыва коммутатора	- 7,3 + 7,7 А;
Время накопления тока	- не нормируется;
Время отключения тока	- 1,5 ÷ 3 с.

Монтажная плата коммутатора PZE 4020 (82.484.00.00) представлена на рис. 7.60.

4. Коммутатор 0729.3734

Принципиальная схема представлена на рис. 7.61.

Монтажная плата коммутатора представлена на рис. 7.62.

Внешний вид коммутатора показан на рис. 7.63.

Основные технические характеристики:

Номинальное напряжение питания	- 12 В;
Допустимое изменение напряжения питания	- 6 + 18 В;
Ток разрыва коммутатора	- 7,0 + 0,2 А;
Время накопления тока	- не нормируется;
Время отключения тока	- 1,0 + 3 с;
Диапазон бесперебойного искрообразования	- 20 + 7000 об/мин.

5. Коммутатор "HAND-POL" 2108-3734910-20 (made in POLAND)

Внешний вид показан на рисунке 7.64-1.

В коммутаторе используется микросхема L497D1 (рис. 7.65) и дискретные микроэлементы, силовой транзистор BU941Z (в маленьком корпусе). Индикаторный резистор - напылённый.

В нем, для защиты блока по превышению напряжения, используется варистор, включенный между 2 и 4 выводами разъема X1.

Технические характеристики:

> Ток потребления - $U_{пит}$ = 6 В, n = 250 об/мин - 5,0 А; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 250 об/мин - 5,0 А; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 3000 об/мин - 4,0 А;

> Ток разрыва - $U_{пит}$ = 6 В, n = 250 об/мин - 7,0 А; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 250 об/мин - 8,0 А; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 3000 об/мин - 8,0 А;

> Ток разряда $_{max}$ - $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 250 об/мин - 70 мА; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 3000 об/мин - 70 мА;

> Время разряда - $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 250 об/мин - 1,3 мс; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 3000 об/мин - 1,3 мс.

Монтажная плата коммутатора представлена на рис. 7.66-а.

6. Коммутатор 96.3734

Внешний вид показан на рисунке 7.64-2.

В коммутаторе используется микросхема КФ1055ХП1 (рис. 7.67) и дискретные микроэлементы, силовой транзистор BU941Z (в маленьком корпусе). Индикаторный резистор - металлическая полоска (лучше заменить на покупной С5-16МВ-1 0,1R).

Основные технические характеристики:

Номинальное напряжение питания	- 12 В;
Допустимое изменение напряжения питания	- 6 ÷ 16 В;
Ток разрыва коммутатора	- 7,5 ÷ 8,5 А;
Ток потребления коммутатора	- 2,7 А.

Два варианта монтажных плат коммутатора представлены на рис. 7.68.

7. Коммутатор К563.3734

Внешний вид показан на рисунке 7.70-б.

В коммутаторе используется микросхема L497D1 (рис. 7.69) или КФ1055ХП1 (рис. 7.71) и дискретные микроэлементы, силовой транзистор BU941Z (в маленьком корпусе) или КТ898А. Индикаторный резистор - напылённый

Два варианта монтажных плат коммутатора представлены на рис. 7.70-а и 7.72-а.

8. Коммутатор MTR-01 (made in FRANCE).

Внешний вид показан на рисунке 7.75.

В коммутаторе используется микросхема L497P (рис. 7.73) и дискретные микроэлементы, силовой транзистор бескорпусной. Индикаторный резистор - напылённый.

Монтажная плата коммутатора представлена на рис. 7.74.

9. Коммутатор 76.3734

Коммутатор 76.3734 выпускается в нескольких вариантах:

Вариант 1 - используется микросхема L497D1 (рис. 7.76) и дискретные микроэлементы, силовой транзистор бескорпусной. Индикаторный резистор - напылённый.

Добротное изделие, поставляется заводом для установки на автомобили "ВАЗ".

Монтажная плата коммутатора представлена на рис. 7.77.

Внешний вид показан на рисунке 7.78.

Технические характеристики:

> Ток потребления - $U_{пит}$ = 6 В, n = 250 об/мин - 2,44 А; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 250 об/мин - 1,0 А; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 3000 об/мин - 2,1 А; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 5000 об/мин - 1,13 А;

> Ток разрыва - $U_{пит}$ = 6 В, n = 250 об/мин - 3,78 А; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 250 об/мин - 6,5 А; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 3000 об/мин - 6,5 А; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 5000 об/мин - 4,05 А;

> Ток разряда max - $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 1000 об/мин - 65 мА; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 6000 об/мин - 40 мА;

> Время разряда - $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 1000 об/мин - 2,2 мс; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 6000 об/мин - 1,36 мс.

Вариант 2 - в нем используется микросхема КР1055ХП1 (рис. 7.79) и дискретные микроэлементы, силовой транзистор бескорпусной. Индикаторный резистор - спираль (надо заменить на покупной резистор С5-16МВ-1 0,1R).

Два варианта монтажных плат коммутатора представлены на рис. 7.80.

Внешний вид показан на рисунке 7.81.

Вариант 3 - схема (рис. 7.127) собрана на транзисторах и дискретных микроэлементах, силовой транзистор бескорпусной. Индикаторный резистор - спираль (надо заменить на покупной резистор С5-16МВ-1 0,1R).

Монтажная плата коммутатора представлена на рис. 6.128.

Внешний вид показан на рисунке 7.81.

Различить их можно следующим образом, либо по незначительным отличиям в обозначениях на корпусе (рис. 7.78 и 7.81), либо надо отвернуть два винта крепления корпуса коммутатора к радиатору. В первом случае металлическое днище будет герметично приклеено к корпусу и доступ к схеме можно получить только вскрыв верхнюю крышку. Во втором и третьем случае доступ к плате возможен сразу снизу корпуса.

10. Коммутатор ЕКЗ-03, ЭК-2, 3620.3734 (шестиштырьковый), 3640.3734, 036.3734, 95.3734, ФМ3001.

Вышеперечисленные коммутаторы объединяет то, что они собраны на микросхеме L497B (или ее аналогах) по одной схеме.

Принципиальная схема представлена на рис. 7.83.

Коммутатор ЕКЗ-03 (Львов).

Внешний вид показан на рисунке 7.82-1.

Монтажная плата коммутатора ЕКЗ-03 (1Р65ГОСТ 3940-84) представлена на рис. 7.84. Индикаторный резистор в виде спирали - заменить на покупной С5-16МВ-2 (0,1R).

Коммутатор ЭК-2.

Внешний вид показан на рисунке 7.82-2.

Монтажная плата коммутатора ЭК-2 представлена на рис. 7.85.

Коммутаторы 3620.3734 выпускаются в большом и маленьком корпусе, смотри рис. 7.86 и 7.94-2.

Монтажные платы коммутаторов 3620.3734 (ТУ37.464.017 - 89) в большом корпусе представлены на рис. 7.87 (шестиштырьковый) и 7.88 (семиштырьковый).

Технические характеристики:

> Ток потребления - $U_{пит}$ = 6 В, n = 250 об/мин - 1,7 А; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 250 об/мин - 1,5 А; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 3000 об/мин - 2,0 А;

> Ток разрыва - $U_{пит}$ = 6 В, n = 250 об/мин - 5,2 А; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 250 об/мин - 5,2 А; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 3000 об/мин - 5,2 А;

> Ток разряда max - $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 250 об/мин - 40 мА; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 3000 об/мин - 40 мА;

> Время разряда - $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 250 об/мин - 0,8 мс; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 3000 об/мин - 0,8 мс.

Монтажная плата коммутатора 3640.3734 (ТУ 37.464.077-89) в маленьком корпусе (рис 7.89-1) представлена на рис. 7.90. В этом коммутаторе используется защита от импульса ОХ Основные технические характеристики у него аналогичны коммутатору 0729.3734.

Монтажная плата коммутатора 3640.3734 (ТУ 37.464.023-91) и 3620.3734 (ТУ 37.464.017-89) в маленьком корпусе (рис. 7.89-2 и 7.91-2) представлена на рис. 7.92.

Монтажная плата коммутатора 3620.3734 (ТУ 37.464.017-89) в корпусе представленном на рис. 7.91-1, имеет плохую комплектацию. Номиналы деталей туда устанавливаются какие угодно

Коммутатор 3640.3734 (ТУ 37.464.023-91), является улучшеным аналогом 3620.3734. В нем использованы более качественные детали, токопроводящие дорожки на монтажной плате имеют большую толщину.

Монтажные платы коммутатора 3620.3734 (ТУ 37.464.017-89) показанные на рис. 7.93 и 7.94, являются образцом, показывающим каким не должен быть коммутатор. Номиналы деталей туда устанавливались какие угодно.

На образце показаны необходимые номиналы комплектующих.

Коммутатор 3620.3734 (СЖАР.468332.019 ТУ), внешний вид см. на рис. 7.99, монтажную плату на рис. 7.100, также не впечатляет, как качеством сборки, так и используемыми элементами

Коммутатор 95.3734.

Внешний вид коммутатора показан на рис. 7.95.

Индикаторный резистор желательно заменить на покупной С5-16МВ (0,1R) 2Вт, т. к установленная металлическая пластина имеет свойство плохо пропаиваться, и при нагреве во время работы контакт ещё ухудшается, что, в конце концов, выведет из строя силовой транзистор

Монтажные платы коммутатора 95.3734 представлены на рис. 7.96 и 7.97.

Технические характеристики:

> Ток потребления - Uпит = 6 В, n = 250 об/мин - 5,5 А; Uпит = 13,5 В, n = 250 об/мин - 3,0 А; Uпит = 13,5 В, n = 3000 об/мин - 3,7 А;

> Ток разрыва - Uпит = 6 В, n = 250 об/мин - 7,4 А; Uпит = 13,5 В, n = 250 об/мин - 8,0 А; Uпит = 13,5 В, n = 3000 об/мин - 8,0 А;

> Ток разряда max - Uпит = 13,5 В, n = 250 об/мин - 70 мА; Uпит = 13,5 В, n = 3000 об/мин - 70 мА;

> Время разряда - Uпит = 13,5 В, n = 250 об/мин - 1,3 мс; Uпит = 13,5 В, n = 3000 об/мин - 1,3 мс.

Коммутатор 036.3734.

Внешний вид показан на рисунке 7.101.

Монтажная плата коммутатора 036.3734 представлена на рис. 7.102.

Коммутатор ФМ3001 (Краснодар).

Разрабатывается краснодарским заводом “ЗИП”, для поставок на автомобили “ВАЗ”.

В нем используется микросхема L497D1 и дискретные микроэлементы, силовой транзистор импортный. Индикаторный резистор - напылённый.

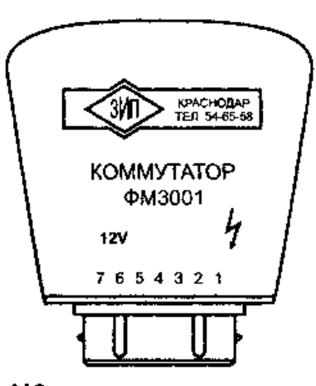


Рис. 6.47. Внешний вид коммутатора ФМ3001, без радиатора (масштаб 1:2).

11. Коммутатор 6420.3734

Принципиальная схема дискретного двухканального коммутатора 6420.3734, разработана на основе коммутатора 3620.3734.

Основное различие заключается в наличии двух выходных каскадов, управляющих работой выходных транзисторов. В свою очередь выходные каскады управляются сигналом "ВК" (выбор канала) контроллера через схему разделения каналов коммутатора посредством ключевого каскада на транзисторе.

Схема коммутатора также снабжена устройством формирования сигнала для управления тахометром.

Принципиальная схема, монтажная плата и внешний вид коммутатора 6420.3734 представлены во второй части справочника, в главе "Контроллеры".

Примечание. Основные технические характеристики коммутаторов этой серии идентичны характеристикам коммутатора 3620.3734 (семиштырьковый).

Хотя практические испытания показывают значительный разброс параметров не только у различных видов коммутаторов, но и отдельных экземпляров в одном виде не смотря на то, что они собраны по одной и тойже схеме. В основном все дело заключается в разбросе параметров деталей (или применении некачественных комплектующих) и плохой настройке, а производители поддельной (подпольной) продукции вообще могут не уделять этому внимания.

6.2.2-д. Коммутаторы, собранные на микросхемах серии L482

Принципиальная схема представлена на рис. 7.103. Принцип работы микросхемы L482 рассмотрен в главе 5.2.1 "Микросхемы и транзисторы, применяемые в коммутаторах".

1. K•A•E 1.209.210 (made in Germany) - вариант 2.

Монтажная плата коммутатора представлена на рис. 7.104.

Качество монтажа оставляет желать лучшего. Под выходным транзистором помещена толстая слюдяная прокладка, отсутствует теплопроводящая паста. Основа, на каторой собрана схема коммутатора не всегда закреплена, что сводит к нулю вибропрочность конструкции.

Технические характеристики:

> Ток потребления - Uпит = 6 В, n = 250 об/мин - 1,55 А; Uпит = 13,5 В, n = 250 об/мин - 0,68 А; Uпит = 13,5 В, n = 3000 об/мин - 1,66 А; Uпит = 13,5 В, n = 5000 об/мин - 1,10 А;

> Ток разрыва - Uпит = 6 В, n = 250 об/мин - 2,3 А; Uпит = 13,5 В, n = 250 об/мин - 6,6 А; Uпит = 13,5 В, n = 3000 об/мин - 6,6 А; Uпит = 13,5 В, n = 5000 об/мин - 4,5 А;

> Ток разряда max - Uпит = 13,5 В, n = 1000 об/мин - 65 мА; Uпит = 13,5 В, n = 6000 об/мин - 42 мА;

> Время разряда - Uпит = 13,5 В, n = 1000 об/мин - 2,15 мс; Uпит = 13,5 В, n = 6000 об/мин - 1,39 мс.

2. IG-H004HRL Ignition module (made in Bulgaria)
Прерыватель зажигания ТУ 37.464.017-89.

Технические характеристики:

> Ток потребления - Uпит = 6 В, n = 250 об/мин - 5,5 А; Uпит = 13,5 В, n = 250 об/мин - 4,5 А; Uпит = 13,5 В, n = 3000 об/мин - 3,0 А;

> Ток разрыва - Uпит = 6 В, n = 250 об/мин - 7,2 А; Uпит = 13,5 В, n = 250 об/мин - 7,2 А; Uпит = 13,5 В, n = 3000 об/мин - 7,2 А;

> Ток разряда max - Uпит = 13,5 В, n = 250 об/мин - 60 мА; Uпит = 13,5 В, n = 3000 об/мин - 60 мА;

> Время разряда - Uпит = 13,5 В, n = 250 об/мин - 1,1 мс; Uпит = 13,5 В, n = 3000 об/мин - 1,1 мс.

3. Huco E•D•R 13.8090 (made in Germany)

4. Facet E•D•R 019 6L15 (made in Italy).

Примечание. Все выше перечисленные коммутаторы, относящиеся к этой серии, имеют практически одинаковые характеристики. Внешнешний вид этих коммутаторов (см. рис. 7.105) также эдентичен и отличается только надписями на пластмассовой крышке.

6.2.2-е. Коммутаторы, собранные на микросхемах К554 серии

Уровень сборки и схемотехника коммутатора плохи настолько, что говорить о какой-либо надежности не возможно.

Внешний вид показан на рисунке 7.106-б.

Принципиальная схема представлена на рис. 7.106-а, а монтажная плата на рис. 7.107.

6.2.2-ж. Коммутаторы, собранные на микросхемах К561серии

1. Коммутатор ЭКЗ-01 (ТО 25-7606.029-90) - Львов

Коммутатор представляет собой сложный электронный блок, выполненный на цифровых интегральных микросхемах. Внешний вид коммутатора показан на рис. 7.114-1.

Принципиальная схема представлена на рис. 7.108.

Конструктивно коммутатор выполнен на двух печатных платах: плате управления (рис 7.110 -вариант 1 и рис. 7.111 - вариант 2), которая формирует импульс длительностью 5мс и осуществляет запирание выходного транзистора в случае остановки двигателя, и силовой плате (рис. 7.109), которая усиливает по току сигнал, пришедший с ПУ и подает его на катушку зажигания. Обе платы установлены одна над другой в корпусе коммутатора (выходной транзистор VT5 смонтирован на выносном радиаторе, закрепленном на корпусе коммутатора, и сверху закрыт защитной пластмассовой крышкой). Нижняя часть аналогична корпусу коммутатора 36.3734

Основные технические характеристики:

Номинальное напряжение питания - 14 В;
Допустимое изменение напряжения питания - 6 + 18 В;
Ток разрыва коммутатора - при 14 В - 7 9,5 А, при 6 В - 3,5 А; при 18 В - 10,5 А,
Выходное напряжение коммутатора - при 14 В - 300 ÷ 380 В, при 6 В -170 В; при 18 В - 400 В,
Время накопления тока - 5 мс;
Время отключения тока - 1,5 ÷ 10 с.

2. Коммутатор ЦКЗ-1 (commutator logic) - Тирасполь

Внешний вид коммутатора показан на рис. 7.114-2.
Принципиальная схема представлена на рис. 7.112.
Монтажная плата коммутатора представлена на рис. 7.113.

3. Коммутатор ЦКЗ-03

Внешний вид коммутатора показан на рис. 7.115-1.
Принципиальная схема представлена на рис. 7.116.
Монтажная плата коммутатора представлена на рис. 7.116.

6.2.2-з. Коммутаторы, собранные на микросхемах К561серии и НТЦ-90-01

1. Коммутатор ЦКЗ-1М (commutator logic)

Принципиальная схема представлена на рис. 7.117.
Монтажная плата коммутатора представлена на рис. 7.119.

Основные технические характеристики:

Номинальное напряжение питания - 12 В;
Вторичное напряжение - при Rш = 1 МОм, Сш = 50 пф и Uпит = 6 ÷ 12 В - 20 ÷ 25 кВ;
Скорость нарастания вторичного напряжения - 600 В/мкс;
Энергия запасаемая в магнитном поле КЗ - 140 мДж;
Энергия индуктивной фазы искрового разряда - 45 мДж;
Ток разрыва коммутатора - 8 ÷ 9 А;
Время отключения тока - 2 ÷ 3 с.

Коммутатор ЦКЗ-1М-ОК собран на базе коммутатора ЦКЗ-1М и имеет такие же характеристики, на его плате может быть смонтирован октан-корректор (подробно об октан-корректорах рассказано во второй части справочника).

Внешний вид этих коммутаторов показан на рис. 7.114-2.

3. Коммутатор ELF-80 (ELECTRONIC IGNITION COMMUTATOR)

Принципиальная схема аналогична схеме коммутатора ЦКЗ-1М см. рис. 7.117.

Качество сборки оставляет желать лучшего, много навесного монтажа, что ухудшает вибро- и ударопрочность конструкции.

Монтажная плата коммутатора представлена на рис. 7.121.

Внешний вид коммутатора показан на рис. 7.118-2.

6.2.2-и. Коммутаторы, собранные на микросхемах К155 серии

Внешний вид коммутатора показан на рис. 7.120-1.

Принципиальная схема представлена на рис. 7.121 и рис. 7.123.

Конструктивно коммутатор выполнен на двух печатных платах: плате управления (рис. 7.122), на которой размещена операционная часть коммутатора, и силовой плате (рис. 7.124) с элементами выходных каскадов (выходные транзисторы смонтированы на корпусе коммутатора). Обе платы установлены одна над другой в корпусе коммутатора.

6.2.2-к. Коммутаторы, собранные на транзисторах (с накоплением энергии в индуктивности)

1. Блок зажигания.

Описываемый блок зажигания предназначен для работы в бесконтактной системе зажигания автомобилей укомплектованных прерывателем-распределителем с датчиком Холла и серийной катушкой зажигания 27.3705 (ТУ 37.003118483) или близкой к ней по параметрам.

По принципу работы блок относится к классу транзисторных с нормированием времени накопления энергии в катушке зажигания. Это обеспечивают два определенным образом связанных между собой ждущих мультивибратора, что позволило исключить счетверенный усилитель Нортона, используемый в известных зарубежных и отечественных устройствах. Кроме этого, блок отличается использованием широко распространенных деталей отечественного производства, простотой конструкции, не требует специальной технологии изготовления, поэтому доступен в повторении.

Устройство выполняет следующие функции: формирует токовые импульсы зажигания в первичной обмотке катушки зажигания; ограничивает ток, протекающий через первичную обмотку, и напряжение на ней и своих выходных транзисторах; закрывает эти транзисторы, когда зажигание включено, а двигатель не запущен.

Ограничение токовых импульсов исключает перегревание катушки зажигания и выходного мощного транзистора блока, а ограничение напряжения снижает износ свечей зажигания и вероятность выхода из строя крышки и бегунка распределителя зажигания, транзисторов выходных ступеней блока. Выключение тока через катушку зажигания при незапущенном двигателе предотвращает бесполезное нагревание элементов блока, катушки зажигания, разрядку аккумуляторной батареи и повышает пожаробезопасность автомобиля.

Основные технические характеристики:

Коммутируемое напряжение .... 6 ÷ 17 В;
Потребляемый ток, при частоте искрообразования 33,3 Гц .... 0,9 ÷ 1,2 А;
Наибольший средний потребляемый ток .... 2,4 ÷ 2,6 А;
Коммутируемый ток через первичную обмотку катушки зажигания .... 8 ÷ 10 А;
Длительность пропускания тока через первичную обмотку катушки зажигания .... 2,5 ÷ 15 мс;
Время токовой отсечки при незапущенном двигателе .... 0,7 ÷ 1,3 с;
Наибольшая частота искрообразования .... 250 Гц;
Напряжение на первичной обмотке катушки зажигания .... 380 ÷ 420 В;
Напряжение высоковольтного импульса, при напряжении бортовой сети 14В .... 27 кВ;
Скорость нарастания фронта высоковольтного импульса, не менее .... 700 В/мкс;
Энергия искрового разряда .... 50 ÷ 70 мДж;
Длительность искрового разряда .... 1,5 ÷ 2 мс.

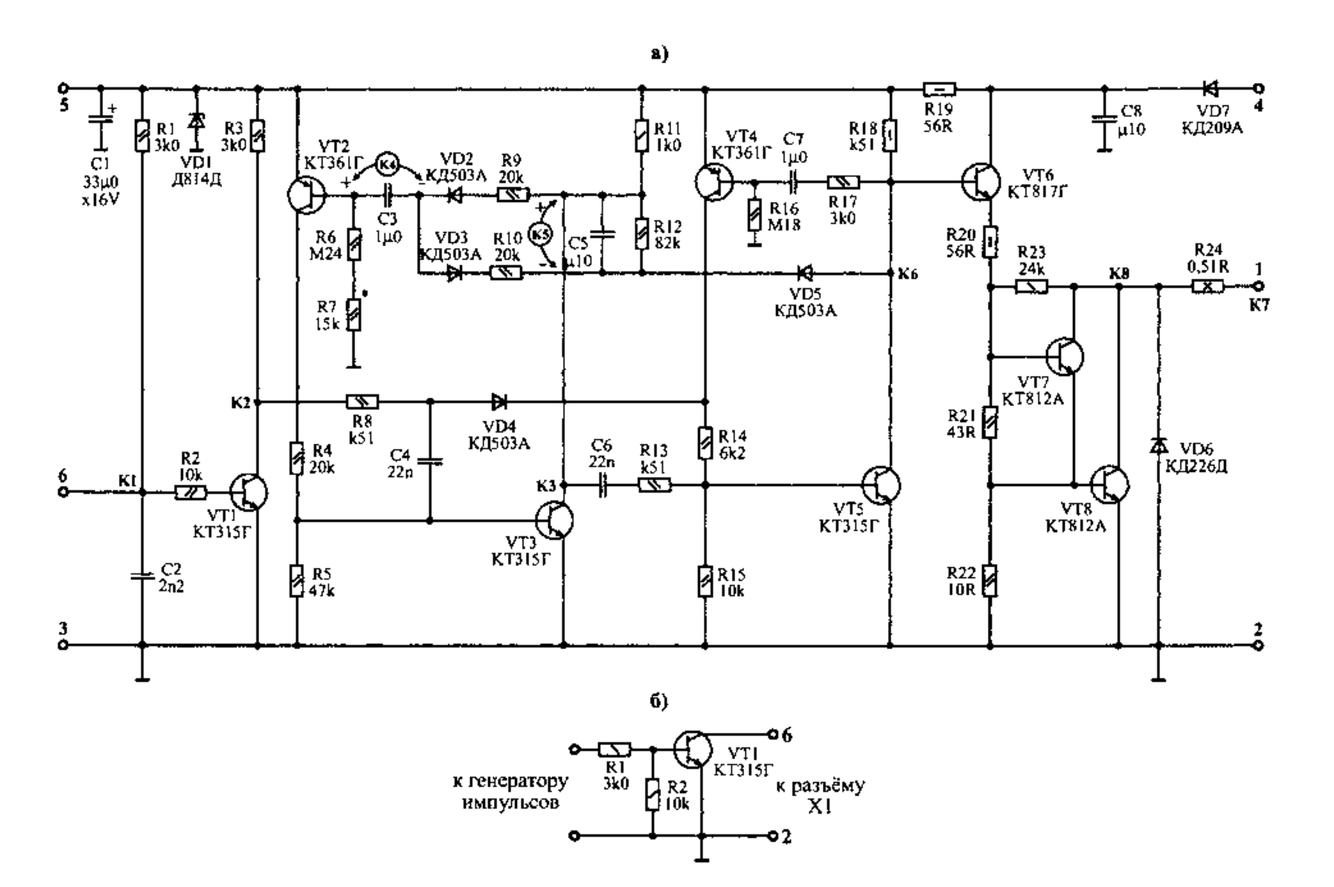


Рис. 6.48. а - Принципиальная схема блока зажигания; б - буферный инвертирующий усилитель.

Принципиальная электрическая схема рассматриваемого блока зажигания представлена на рис. 6.48-а.

Блок содержит узел запуска на транзисторе VT1, два одновибратора - первый на транзисторах VT2, VT3, а второй - на VT4, VT5, усилитель тока на транзисторе VT6, коммутатор тока на транзисторах VT7, VT8, включенных по схеме Дарлингтона.

Временные диаграммы, показанные на рис. 6.32, поясняют работу коммутатора и процессы, происходящие в нем при увеличении частоты искрообразования fи, Диаграммы 4 и 5 сняты непосредственно с конденсаторов C4 и C5, диагр. 7 - с резистора R24, диагр. 9 - с выхода измерительного делителя напряжения 10 M/1K0, а диагр. 10 - с резистора сопротивлением 10 R, включенного последовательно с искровым промежутком.

Напряжение питания к бесконтактному датчику импульсов искрообразования ("прерывателю") поступает через фильтр - ограничитель R19, VD1, C1, C8. Диод VD7 защищает блок от аварийной перемены полярности питающего напряжения.

При включенном зажигании транзисторы VT2, VT3 и VT4, VT5 открыты, а VT6 и VT7, VT8 закрыты. Ток через катушку зажигания не протекает. Транзистор узла запуска VT1 может находиться в любом состоянии в зависимости от уровня сигнала, поступающего с датчика.

С началом вращения коленчатого вала двигателя на вход транзистора VT1 от датчика поступают запускающие импульсы длительностью $\tau_д$ (диагр.1). Когда транзистор VT1 закрыт (диагр.2), конденсатор C4 заряжен через цепь R3, R8 и эмиттерный переход транзистора VT3. Времязадающий конденсатор C3 заряжен до напряжения, ограниченного стабилитроном VD1, через транзисторы VT2, VT3, диод VD3 и резисторы R10, R12 (диагр.4). Зарядка происходит за время около 0,4 с; это время в основном зависит от емкости конденсатора C3 и сопротивления резисторов R10, R12. Времязадающий конденсатор C7 также заряжен через транзисторы VT4, VT5 и резистор R17 (диагр.6).

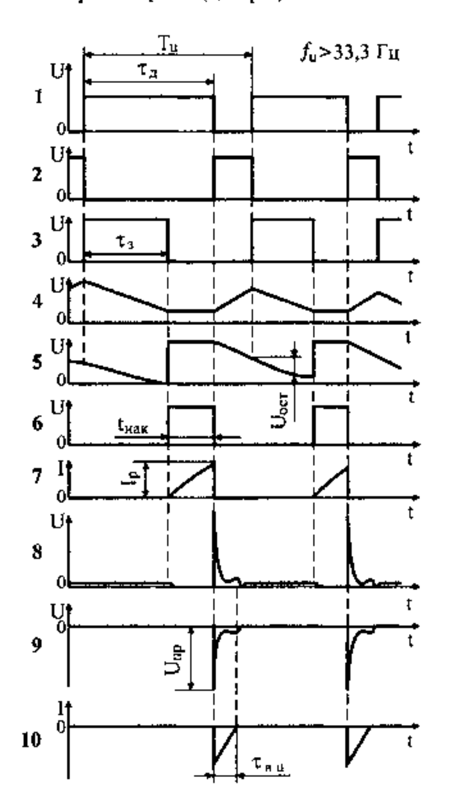


Рис. 6.49. Временные диаграммы в контрольных точках, поясняющие работу коммутатора.

Как только на выходе датчика появится сигнал высокого уровня, транзистор VT1 откроется, конденсатор C4 разрядится по цепи R5, VT1, R8, что приведет к закрыванию транзистора VT3, транзистор VT2 также закрывается. Начинается перезарядка конденсатора C3 через цепь R6, R7, R9, R11, VD2. Таким образом, первый одновибратор формирует импульс задержки длительностью $\tau_з$, необходимый для запуска второго одновибратора.

Когда напряжение на конденсаторе C3 достигнет уровня, при котором открывается транзистор VT2, первый одновибратор возвращается в исходное состояние. На его выходе возникает спад импульса (диагр. 3), проходящий через цепь R13, C6 и запускающий второй одновибратор; транзисторы VT4 и VT5 закрываются.

Это приводит к увеличению напряжения на коллекторе транзистора VT5 (диагр.6) и перезарядке времязадающего конденсатора C7 через резисторы R16, R17, R18. В результате транзисторы VT6, VT8 открываются, через первичную обмотку катушки зажигания начинает протекать ток (диагр.7) от источника питания и в ней накапливается электромагнитная энергия в течение времени $t_{нак}$.

Одновременно с увеличением напряжения на коллекторе транзистора VT5 заряжается конденсатор C5 через резистор R18, диод VD5, транзистор VT3 (диагр.5), и прекращает действовать зарядная цепь времязадающего конденсатора C3, несмотря на то, что транзисторы VT2 и VT3 открыты (см. диагр.3 и 4). Его зарядка задерживается на время $t_{нак}$ пока второй одновибратор не возвратится в исходное состояние.

Как только на выходе датчика-прерывателя появится спад импульса, транзистор VT1 узла запуска закроется, второй одновибратор вернется в исходное состояние независимо от заряда на конденсаторе C7 из-за связи через диод VD4 (диагр.6). Поэтому токовый коммутатор VT7, VT8 закроется. В этот момент во вторичной обмотке катушки зажигания индуцируется импульс высокого напряжения (диагр.7 ÷ 9), который при напряжении $U_{пр}$ пробивает искровой промежуток запальной свечи. Возникает искровой разряд длительностью $τ_{в.и}$, зависящей от тока разрыва $I_р$ в первичной обмотке катушки зажигания и ее параметров (диагр. 10).

После возвращения второго одновибратора в исходное состояние его действие на зарядную цепь конденсатора C3 прекращается, и он вновь заряжается, а конденсатор C5 разряжается через резистор R12, затормаживая таким образом зарядку конденсатора C3, так как к общей точке резисторов R10 и R12 оказывается приложенным положительное напряжение к верхней по схеме обкладки конденсатора C5.

На низкой частоте искрообразования - при пуске двигателя - конденсатор C5 успевает разрядиться практически полностью, а на высокой он разряжается в два этапа.

Первый соответствует времени закрытого состояния транзистора VT1, а второй - закрытого состояния транзисторов VT2, VT3 (диагр. 5). Чем больше частота, тем больше остаточное напряжение $U_{ост}$ на конденсаторе C5 к концу первого этапа и тем меньший заряд получит конденсатор C3.

Как следует из принципа действия устройства, резистор R10 и цепь R12, C5 увеличивают время зарядки конденсатора C3 в первом одновибраторе, отвечающего за временную задержку начала накопления электромагнитной энергии в катушке зажигания. При этом диод VD2 обеспечивает протекание разрядного тока конденсатора C3 через резистор R9 минуя резистор R10 и цепь R12, C5.

Постоянная времени зарядки конденсатора C3 большая, поэтому при увеличении частоты искрообразования он не успевает зарядиться полностью, что обеспечивает примерно обратно пропорциональную зависимость между длительностью импульсов, сформированных первым одновибратором, и частотой искрообразования. На высокой частоте эти импульсы становятся ещё короче, так как конденсатор C3 недозаряжается ещё и за счёт затормаживающего действия цепи R12, C5.

Если вы включили зажигание и не запустили двигатель, а сигнал на выходе датчика-прерывателя имеет высокий уровень, ток через первичную обмотку катушки зажигания прекратится примерно через секунду, так как в этом случае второй одновибратор возвращается в исходное состояние в результате перезарядки конденсатора C7.

Подборкой резистора R6 устанавливают время накопления энергии в катушке зажигания, а значит, и протекающий через неё ток. Выбором постоянной времени зарядки конденсатора C5 задают требуемый закон изменения этого тока в интервале частоты вращения коленчатого вала от холостого хода до максимального значения.

От помех со стороны бортовой сети автомобиля блок защищают цепи VD6, C8, R19, C1, VD1 и элементы C2, R8, R13. Резистор R23 ограничивает всплески напряжения самоиндукции на выходных транзисторах VT7 и VT8 (диагр. 8). Резистор R24 ограничивает ток через эти транзисторы и первичную обмотку катушки зажигания, а диод VD7, блокирует импульсы обратного напряжения на транзисторах в переходном процессе.

Для налаживания блока потребуется источник питания с выходным напряжением, изменяемым от 5 до 18 В при токе до 3 А (пульсации не должны превышать 0,5 В на частоте 100 Гц), генератор импульсов прямоугольной формы с амплитудой выходного напряжения 3 ÷ 5 В, частотой повторения импульсов 10 ÷ 250 Гц и скважностью 3, осциллограф обеспечивающий измерение параметров импульсов прямоугольной формы и напряжение до 500 В, разрядник с регулируемым искровым зазором до 15 мм и стандартная катушка зажигания 27.3705.

После проверки правильности монтажа к блоку согласно принципиальной схеме подключают источник питания и катушку зажигания с разрядником (последовательно с ним включают резистор сопротивлением 4,7 ÷ 5,6 кОм мощностью не менее 2 Вт). Сигнал с выхода генератора подают на вход блока через буферный инвертирующий усилитель с открытым коллекторным выходом, собранный по схеме на рис 6.48-б.

Устанавливают напряжение питания блока 14 В и искровой зазор величиной 10 мм. Подают запускающие импульсы длительностью 10 мс с частотой повторения 33,3 Гц, что соответствует работе четырёхцилиндрового четырёхтактного двигателя на частоте вращения коленчатого вала 1000 об/мин, т. е. близкой к холостому ходу. При этом ток, потребляемый блоком, должен быть в пределах 0,9 ÷ 1,2 А, в противном случае следует подобрать резистор R6 (или даже изменить сопротивление цепи R6, R7, обычно равное 240 ÷ 270 кОм).

Контролируют по осциллографу амплитуду импульса напряжения на коллекторе транзистора VT7 (VT8). Она должна находиться в пределах 380 ÷ 420 В. Если амплитуда сильно отличается от указанной, следует подобрать резистор R23.

Далее уменьшают напряжение питания до 7,5 В и наблюдают искру в зазоре разрядника. Если она нестабильна или вообще отсутствует, проверяют точность подборки резисторов R6, R7. В крайнем случае, следует заменить транзисторы VT6, VT7, VT8 другими, с большим значением статического коэффициента передачи тока.

Затем проверяют работоспособность блока на частоте искрообразования 50, 100, 250 Гц при напряжении питания 14 В. Сбоев в искрообразовании не должно быть.

Ещё проще наладить блок, если его установить непосредственно на автомобиль. Для этого в разрыв провода, соединяющего первичную обмотку катушки зажигания с бортовой сетью (или с контактом 1 разъёма X1), нужно включить амперметр, измеряющий среднее значение тока, например авометр. На холостом ходе двигателя подбирают резистор R7 так, чтобы амперметр показал ток 0.9 ÷ 1,2 А. Вместо R7 можно временно впаять переменный резистор сопротивлением 68 кОм. При этом, как и при лабораторном налаживании, весьма целесообразно проконтролировать амплитуду импульса напряжения на коллекторе транзистора VT8.

2. Электронный коммутатор 84.3734

Внешний вид коммутатора показан на рис. 7120-2.
Коммутатор собран на микроэлементах, см. схему на рис. 7.125.
Монтажная плата представлена на рис. 7.126.

Основные технические характеристики:

Номинальное напряжение питания	- 13 ± 1 В;
Допустимое изменение напряжения питания	- 6 ÷ 16 В;
Ток разрыва коммутатора	- 9 А;
Средний ток потребления коммутатора	- 3 А.

3. Коммутатор 76.3734 (на танзисторах)

Внешний вид коммутатора показан на рис. 7.81.
Коммутатор собран на дискретных элементах, см. схему на рис. 7.127.
Монтажная плата представлена на рис. 7.128.

4. Коммутатор 3620.3734 (на танзисторах)

Внешний вид коммутатора показан на рис. 7.130.
Коммутатор собран на дискретных элементах, см. схему на рис. 7.129.
Монтажная плата представлена на рис. 7.131.

5. Блок электронного зажигания (коммутатор на танзисторах)

Внешний вид показан на рисунке 7.133.
Принципиальная схема представлена на рис. 7.132.
Монтажная плата коммутатора представлена на рис. 7.134.

6.2.2-л. Коммутаторы, собранные на тиристорах (с накоплением энергии в емкости)

Принцип построения тиристорных систем зажигания рассмотрен в главе 4.2.

1. Блок импульсного плазменного зажигания ОН 427-04

Подробное описанние блоков этой серии приведено в главе 6.1.

2. Электронная система зажигания

Описание блока приведено в главе 6.1.
Принципиальная схема показана на рис. 6.50.

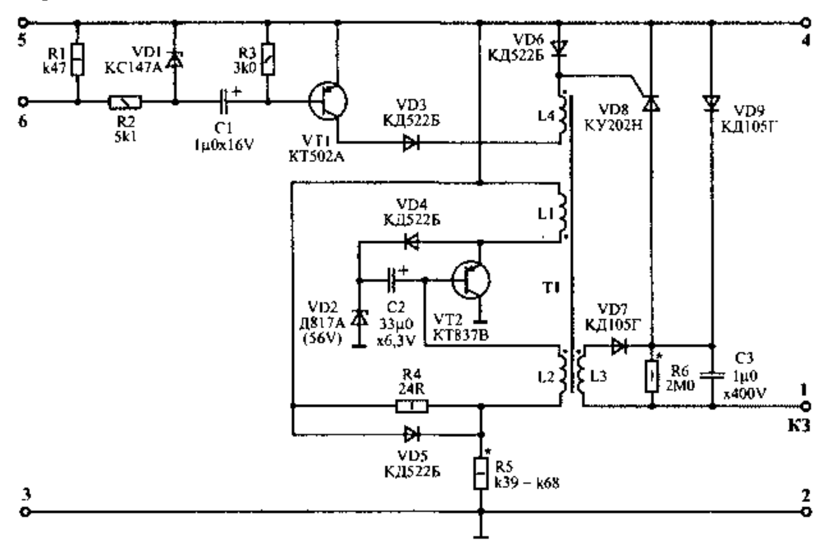


Рис. 6.50. Принципиальная схема электронной системы зажигания.

Рис. 6.51. Принципиальная схема усовершенствованой электронной системы зажигания.

Усовершенствование схемы (рис. 6.50) заключается в применении:

1 - датчика, разработанного автором (рис. 6.52), или датчика Холла;

2 - интегрального таймера КР1006ВИ1 для формирования строго постоянной длительности индуктивной фазы искрового разряда независимо от погодных условий;

3 - оптотиристора типа ТО125-12,5-6 с измененной схемой управления с целью устранения электрических помех на работу тиристорного ключа.

Электрическая принципиальная схема усовершенствованной системы зажигания представлена на рис 6.51. Работает ЭСЗ следующим образом: при включении напряжения питания запускается блокинг-генератор, вызывающий заряд накопительной емкости С7 до напряжения, зависящего от величины питающего напряжения. Диапазон величины напряжения на накопительной емкости 340 ÷ 450 В,. при питающем напряжении соответственно 15 ÷ 4 В, то есть при запуске двигателя, когда напряжение на аккумуляторной батарее падает до 7 ÷ 9 В, происходит автоматическое увеличение напряжения на накопительной емкости С7, что увеличивает энергию искрового разряда и, как следствие, ускоряет запуск холодного двигателя. Естественно, система питания бензином должна быть исправной и отрегулированной. В состоянии покоя ЭСЗ потребляет ток около 0,35 А. При проворачивании коленчатого вала магнитный датчик, выполненный на магнитоуправляемой микросхеме К1116КП9, при проходе сегмента через магнитный зазор, вырабатывает прямоугольные импульсы, задним фронтом запускающие, через конденсатор С1, одновибратор на микросхеме КР1006ВИ1. Нулевой уровень с выхода одновибратора открывает ключевой транзистор VT4, подключающий, в свою очередь, цепь питания светодиода оптотиристора VS1. Через включающийся оптотиристор проходит разряд накопительной емкости С7 на первичную обмотку катушки зажигания. Диод VD8, включенный параллельно оптотиристору, обеспечивает колебательный процесс, затуханию которого препятствует подпитка накопительной емкости в процессе перезарядки последней. Поэтому длительность индуктивной фазы искрового разряда определяется длительностью нулевого импульса одновибратора.

Визуально наблюдается мощная искра сине-розового цвета с характерным "выстрелом". Благодаря отсутствию дребезга магнитного датчика сбоев искрообразования, возникающих иногда с контактным прерывателем из-за загрязнений, не наблюдается.

Магнитный датчик, разработанный автором (рис.6.52), представляет металлическую скобу, сделанную из листа толщиной 1 ÷ 2 мм, на которой в верхней части приклеивается магнит (магнит использован из герконовой кнопки типа КПМ8А-4). На основании впаяна магнитоуправляемая микросхема. Скоба винтами на клее крепится к подковообразному основанию, устанавливаемому взамен механизма контактного прерывателя. Подушечка смазки кулачкового валика убирается. Кулачковый валик обматывается полоской тонкой белой жести, бандажируется несколькими нитками луженого медного провода и с одетой крестовиной, предварительно выставленной по высоте, пропаивается в нескольких точках. Снятый готовый узел пропаивается по всему периметру с верхнего и нижнего торцов. Продольные пазы на плате служат для согласования момента зажигания. Связь датчика с блоком осуществляется экранированным кабелем.

Трансформатор Т1 имеет следующие обмотки: L1 - 45 витков провода ПЭВ2-0,6 мм; L2 - 75 витков ПЭВ2-0,31 мм; L3 - 20 витков ПЭВ2-0,31 мм; L4 - 600 витков ПЭВ2-0,29 мм.

На принципиальной схеме точками обозначены начала обмоток. Все обмотки намотаны виток к витку с межслойной изоляцией и пропиткой влагостойким лаком (клеем). Ферритовый сердечник Ш10х10 НМ1500. Трансформатор, накопительная емкость и изолирующая прокладка оптотиристора приклеивается к корпусу блока эпоксидной смолой или другим клеем. Транзистор блокинг-генератора VT3 и стабилитрон VD1 привинчиваются к корпусу блока. Конденсатор С5 танталовый типа К53-1 или любой морозостойкий. Остальные детали некритичны и могут быть любых типов. Детали, помеченные звездочкой, позволяют при желании подобрать другую длительность искрового разряда. Формула для расчета: $t = 1{,}1 \cdot C3 \cdot R3$.

Указанные на схеме номиналы деталей со звездочкой обеспечивают длительность искрового разряда 2,3 мс (миллисекунды).

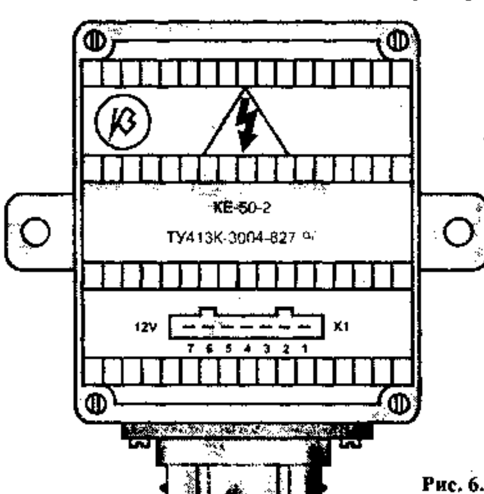
Эксплуатация системы в течение года в разных погодных условиях не выявила каких-либо отклонений. Двигатель работает ровно, без подергиваний и провалов.

Рис. 6.52. Устройство магнитного датчика.

3. Коммутатор СЭЗ -1

Внешний вид показан на рисунке 7.136.
Принципиальная схема представлена на рис. 7.135.
Монтажная плата коммутатора представлена на рис. 7.137.
Качество монтажа и качество применяемых деталей весьма низкое.

4. Коммутатор КЕ-50-2



На рис. 7.138 представлена принципиальная схема дискретного 2-х канального коммутатора КЕ-50-2, в котором в качестве выходного ключа используются тиристоры.

Монтажная плата коммутатора представлена на рис. 7.139.

Рис. 6.53. Внешний вид дискретного 2-х канального коммутатора КЕ-50-2.

6.2.2-м. Коммутаторы, собранные на транзисторах (с накоплением энергии в емкости)

Схемотехника коммутаторов этой серии позволяет объединить положительные стороны чисто конденсаторной и чисто транзисторной систем: быстрое нарастание вторичного напряжения плюс большая длительность искрового разряда.

1. Коммутатор Калашникова

Технические характеристики:

> Ток потребления - Uпит = 6 В, n = 250 об/мин - 2,5 А; Uпит = 13,5 В, n = 250 об/мин - 1,0 А; Uпит = 13,5 В, n = 3000 об/мин - 2,5 А;
> Ток разрыва - Uпит = 6 В, n = 250 об/мин - 13 А; Uпит = 13,5 В, n = 250 об/мин - 13 А; Uпит = 13,5 В, n = 3000 об/мин - 13 А;
> Ток разряда max - Uпит = 13,5 В, n = 250 об/мин - 150 мА; Uпит = 13,5 В, n = 3000 об/мин - 150 мА;
> Время разряда - Uпит = 13,5 В, n = 250 об/мин - 2,3 мс; Uпит = 13,5 В, n = 3000 об/мин - 1,0 мс.

Описанние коммутаторов этого вида приведено в главе 6.1.

2. Коммутатор КЭУ-1 (БС4.848.001)

Описанние двух вариантов коммутаторов этого вида приведено во второй части справочника.

6.2.2-н. Коммутаторы, собранные по гибридной технологии

1. Коммутаторы фирмы BOSCH

Примером использования этой технологии может служить коммутатор 0.227.100.103 фирмы BOSCH (Германия), электрическая схема которого приведена на рис. 6.54.

Схема содержит следующие основные элементы: бескорпусной выходной транзистор VT1, специализированную микросхему DA1 (MA 7355) совместно с навесными миниатюрными конденсаторами C1 ÷ C4, выполняющую основные функции коммутатора.

Корпусные стабилитрон VD1, диод VD2, миниатюрный конденсатор C6 и толстопленочные резисторы R3, R10, выполняющие функции защиты от импульсных перенапряжений в бортовой сети и перепутывания полярности батареи.

Схема также содержит толстопленочные резисторы, служащие для измерения и подстройки требуемых уровней первичного тока - R6, R8, R9 и первичного напряжения - R4, R7.

RC - цепь защиты выходного транзистора выполнена на дискретных элементах C7, R11.

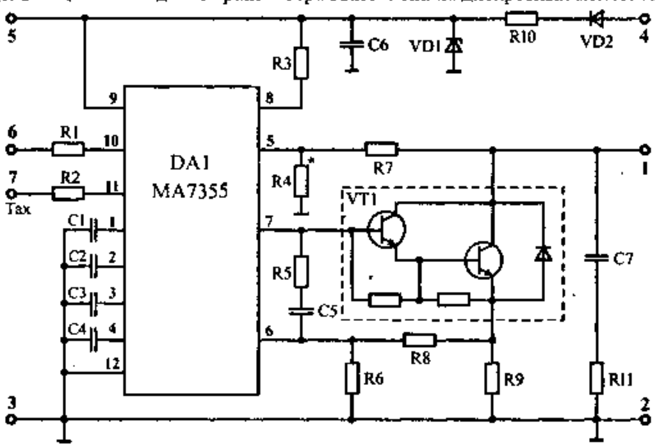


Рис. 6.54. Принципиальная схема коммутатора BOSCH 0 227 100 103.

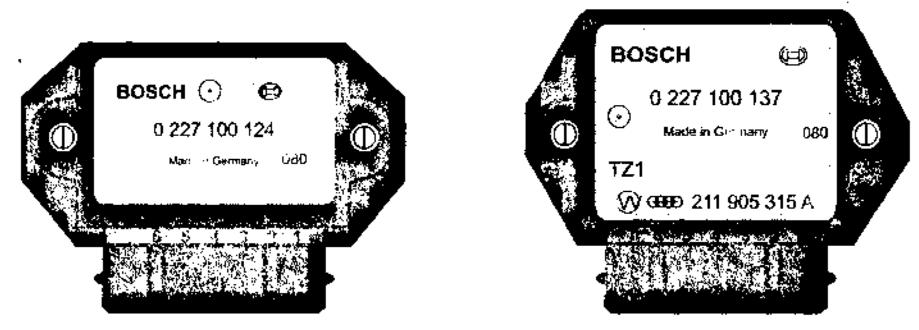


Рис. 6.55. Внешний вид коммутаторов, без радиатора (масштаб 1:1,5):
BOSCH 0 227 100 124 (шестиштырьковый),
BOSCH 0 227 100 103, BOSCH 0 227 100 137, BOSCH 0 227 100 139 (семиштырьковые).

Примечание. Коммутатор 0 227 100 124 применяется с электронным блоком управления, шестой вывод в нем не используется. Поэтому в обычных системах зажигания, с управлением непосредственно от датчика Холла (рис. 6.43), его использовать нельзя. Наиболее приемлемым является использование коммутаторов 0 227 100 137 и 0 227 100 139.

Коммутаторы этой фирмы отличаются высокой надежностью.

Отечественной промышленностью также осваивается выпуск аналогичных коммутаторов, выполненных в виде большой гибридной интегральной схемы (БГИС), представляющей собой толстопленочную микросборку операционной части и микросборку силовой части коммутатора, смонтированные на медном основании корпуса из полимерного материала. Причем корпус выполнен заодно с семиштырьковым разъемом. Корпус герметизируется приклеиваемой крышкой.

Подложками толстопленочных сборок служит алюмооксидная керамика (Al_2O_3).

2. Блок коммутаторов К 5612.3734 (Прохладный).

В состав блока входит основной коммутатор К561.3734 (ТУ 11 КЖШГ-014-93) и аварийный К562.3734 (ТУ 11 КЖШГ-015-93).

Основной служит для коммутации тока и нормирования времени в первичной обмотке катушки зажигания БСЗ и микропроцессорных систем управления двигателями.

Аварийный - для замены основного в случае его неисправности или неисправности датчика момента искрообразования (датчика Холла) и позволит доехать до ближайшего пункта ТО, т.к. он не предназначен для постоянной езды. Встроенный генератор, установленный в аварийном коммутаторе вырабатывает сигнал частотой примерно 150 ÷ 200 Гц. Мотор заводится довольно легко, но необходимо поддерживать газом нужные обороты. Однако жесткая работа двигателя с крайне ранним зажиганием может иметь нежелательные последствия. Ток разрыва 4 ÷ 7 А.

Внешний вид блока коммутаторов К5612.3734 показан на рис. 6.56.

Основные технические характеристики коммутатора К561.3734:

Номинальное напряжение питания - 13,5 В;
Допустимое изменение напряжения питания - 6 ÷ 16 В;
Ток разрыва коммутатора - 6 ÷ 8,5 А;
Амплитуда импульсов выходного напряжения - 320 ÷ 420 В.

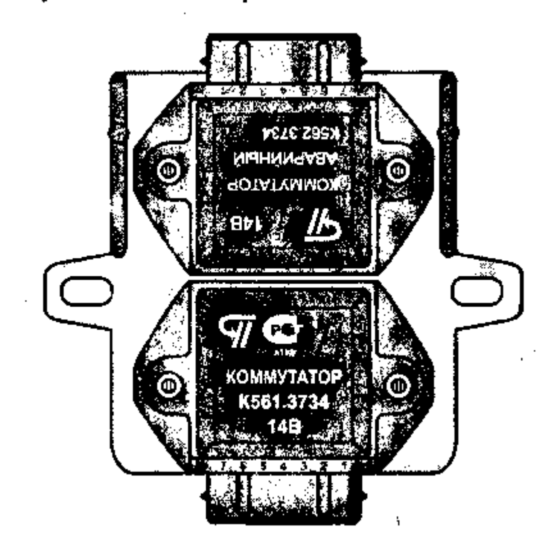


Рис. 6.56. Внешний вид блока коммутаторов 5612.3734 (масштаб 1:2).

Примечание.

В блоке коммутаторов 5612.3734, вместо основного коммутатора К561.3734, может применяться коммутатор К563.3734 (К563.3734-01), выполненный не на большой гибридной интегральной схеме, а на специализированной микросхеме, типа L497D1 или ее аналоге (рис. 7.69 и 7.71).

Технические характеристики коммутатора К563.3734:

> Ток потребления - $U_{пит}$ = 6 В, n = 250 об/мин - 5,0 А; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 250 об/мин - 2,0 А; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 3000 об/мин - 3,3 А;
> Ток разрыва - $U_{пит}$ = 6 В, n = 250 об/мин - 7,2 А; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 250 об/мин - 7,7 А; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 3000 об/мин - 7,5 А;
> Ток разряда max - $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 250 об/мин - 65 мА; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 3000 об/мин - 65 мА;
> Время разряда - $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 250 об/мин - 1,2 мс; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 3000 об/мин - 1,2 мс.

3. Блок управления (ТО11 КЖШГ 003-89)

Блок управления выполнен по такой же технологии как и коммутатор К561.3734.

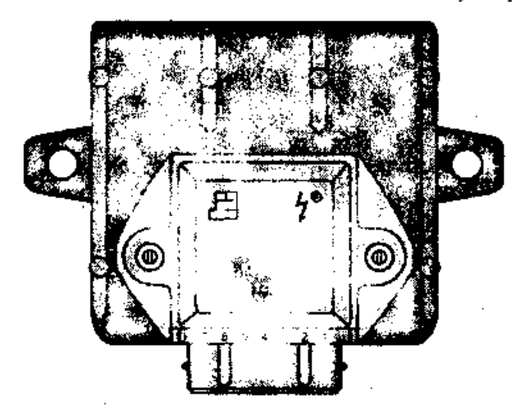


Рис. 6.57. Внешний вид блока управления (масштаб 1:2).

Примечание. При установке блока управления, особое внимание уделить надежности контакта корпуса блока с корпусом (массой) автомобиля.

4. Коммутатор К56.3734.

Коммутатор собран по гибридной технологии.

Рис. 6.58. Внешний вид коммутатора К56.3734 (масштаб 1:2).

5. Коммутатор HIM 52 (made in HUNGARY).

Основные технические характеристики коммутатора HIM 52:

Номинальное напряжение питания	- 13,5 ± 0.2 В;
Ток разрыва коммутатора	- 8 ÷ 9 А;
Время накопления тока	- 8 ÷ 10,5 мс.

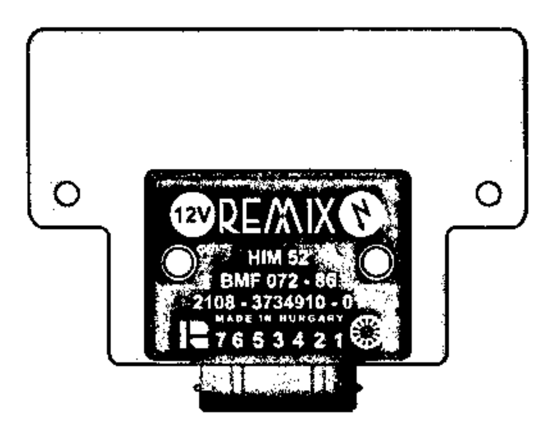


Рис. 6.59. Внешний вид коммутатора HIM 52 (масштаб 1:2).

6. Коммутатор RT-1903-RT (made in HUNGARY)

Технические характеристики:

> Ток потребления - $U_{пит}$ = 6 В, n = 250 об/мин - 2,32 А; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 250 об/мин - 0,98 А; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 3000 об/мин - 2,05 А; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 5000 об/мин - 1,15 А;

> Ток разрыва - $U_{пит}$ = 6 В, n = 250 об/мин - 3,6 А; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 250 об/мин - 6,37 А; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 3000 об/мин - 6,37 А; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 5000 об/мин - 4,5 А;

> Ток разряда $_{max}$ - $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 1000 об/мин - 62 мА; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 6000 об/мин - 42 мА;

> Время разряда - $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 1000 об/мин - 2,1 мс; $U_{пит}$ = 13,5 В, n = 6000 об/мин - 1,42 мс.



Рис. 6.60. Внешний вид коммутатора RT-1903-RT (масштаб 1:2).

7. Коммутатор RT-1903 (made in HUNGARY)

Основные технические характеристики коммутатора
RT-1903 "REMITEL" 2108-3734910-05:

Номинальное напряжение питания	- 13,5 ± 0,5 В;
Допустимое изменение напряжения питания	- 6 ÷ 16 В;
Ток разрыва коммутатора	- 7 ÷ 8 А;
Время накопления тока	- 5,5 ÷ 11,5 мс.

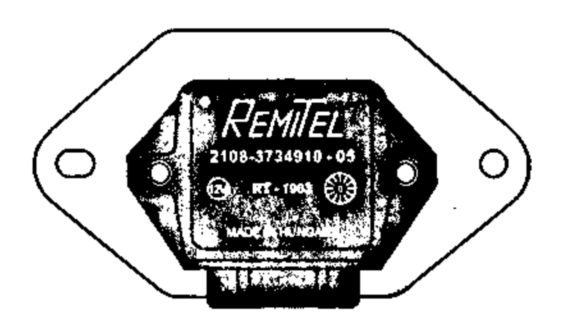


Рис. 6.61. Внешний вид коммутатора RT-1903 (масштаб 1:2).

Примечание.

Коммутаторы серии REMIX и REMITEL в общем-то вполне надежны и имеют хорошие характеристики, но в случае выхода их из строя полностью не ремонтопригодны.

К тому же редко попадаются экземпляры действительно выпущенные в Венгрии, в основном встречаются изделия сделанные в Самаре или Сызране.

Общее примечание.

Основные технические характеристики приведены по паспартным данным, а технические характеристики - по результатам испытаний отдельных экземпляров.

К сожалению плохое качество сборки и применяемых деталей, а также большое количество подделок, не позволят выделить явного лидера среди коммутаторов отечественного производства. Но к наиболее достойным можно отнести: К561.3734; К563.3734; 76.3734 (вариант 1); 0529.3734; КЭУ-1 и коммутатор Калашникова. Среди импортных явно лидируют коммутаторы фирмы "BOSCH" (Германия) и "BAKONY" (Венгрия).

Если же у Вас все таки сломается коммутатор и вы не смогли купить один из выше названых, лучшим выходом из положения будет отремонтировать свой.

Тем более, что ремонт обычно можно свести к элементарной замене:

1 - выходного транзистора или микросхемы;

2 - индикаторного резистора;

3 - отдельных элементов схемы на номиналы указанные в принципиальной схеме для Вашего коммутатора.

При этом не забудьте положить под силовой транзистор и радиатор теплопроводящую пасту.

Если же Вы все таки вынуждены приобрести новый коммутатор, то при покупке обратите внимание на его внешний вид, если корпус имеет раковины и не обработан, то можете быть уверены, внутри такое же качество.

Но и приличный внешний вид не гарантирует Вам 100% надежность коммутатора, поэтому после того как истечет срок гарантии, вскройте его и выполните пункты 2 и 3, перечисленные выше. Этим Вы как минимум продлите срок службы коммутатора. А свой сломанный коммутатор отремонтируйте и положите, как запасной, в машину.

7. Принципиальные электрические схемы и печатные платы коммутаторов

Примечание:

1. Внешний вид монтажных плат представлен с двух сторон:

- Вид со стороны монтажа деталей, серым цветом выделены соединительные дорожки обратной стороны платы.

Для двухсторонних печатных плат, соединительные дорожки находятся как с лицевой стороны платы - выделены черным цветом, так и с обратной - выделены серым цветом.

- Вид со стороны соединительных дорожек - дорожки выделены черным цветом.

2. Размещение деталей и трассировка (расположение) токопроводящих дорожек на монтажных платах коммутаторов, а также принципиальные схемы, различных годов выпусков и производителей, могут незначительно отличаться

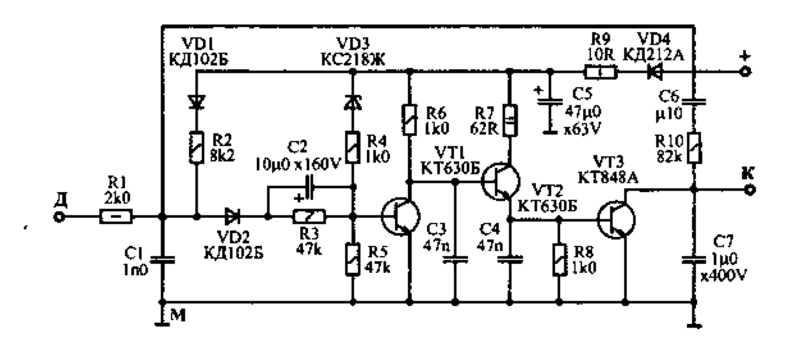


Рис. 7.1. Принципиальная схема коммутатора 13.3734.

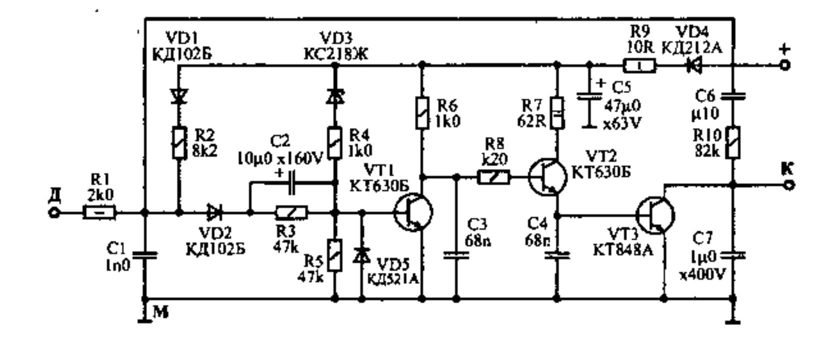


Рис. 7.2. Принципиальная схема коммутатора 13.3734-01.

1



2



Рис. 7.3. Внешний вид коммутатора: 1 - 13.3734; 2 - 13.3734-01 (масштаб 1:2).

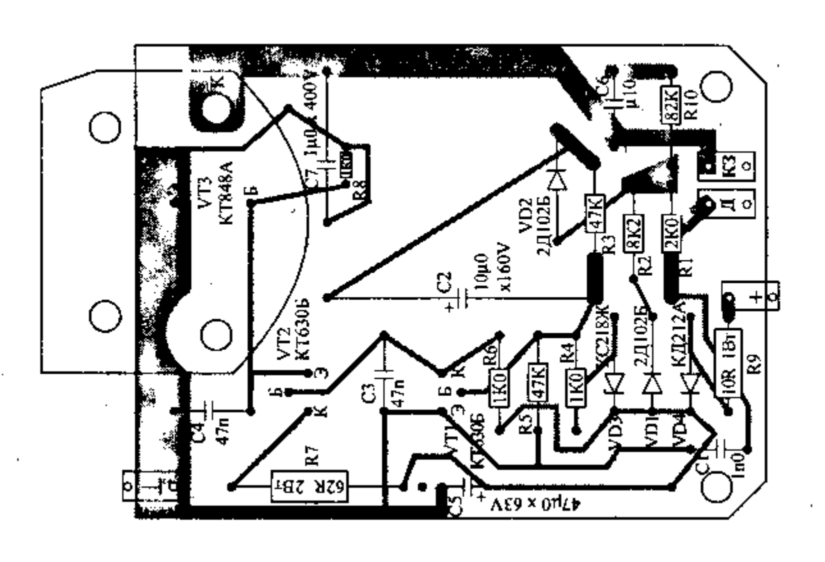
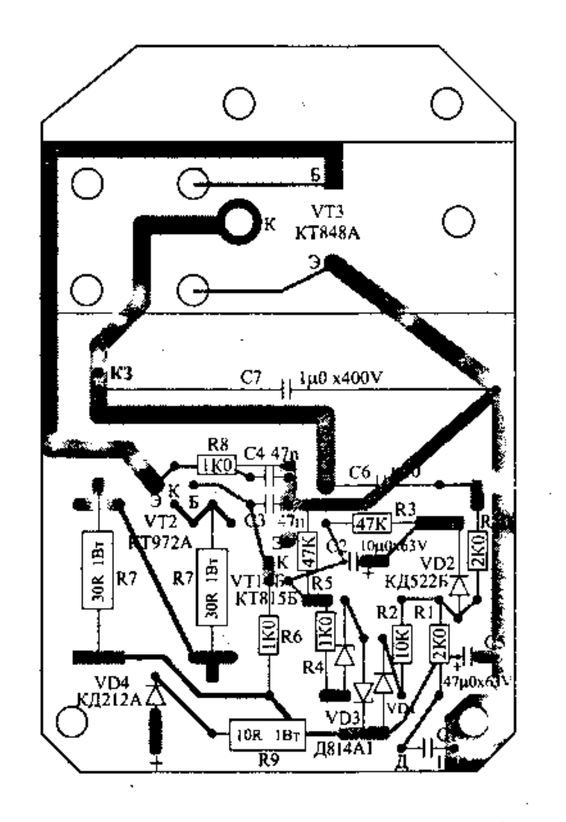


Рис. 7.4. Монтажная плата коммутатора 13.3734 (масштаб 1:1).



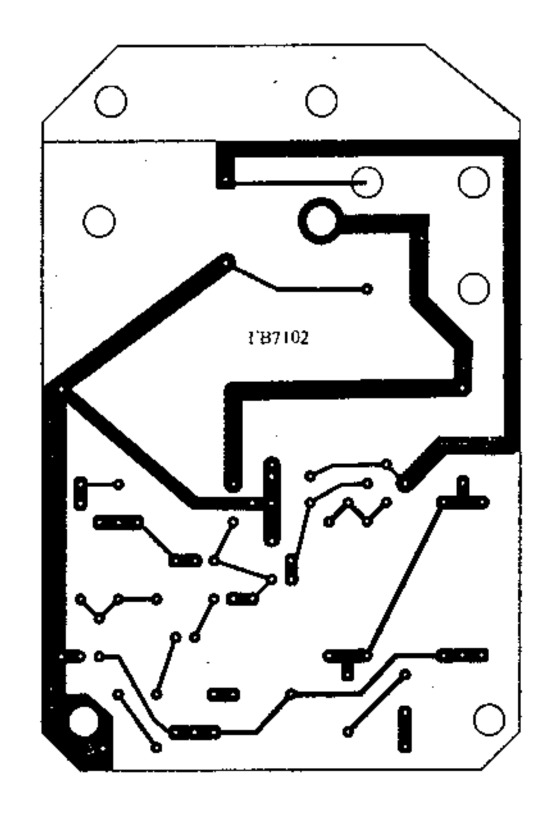
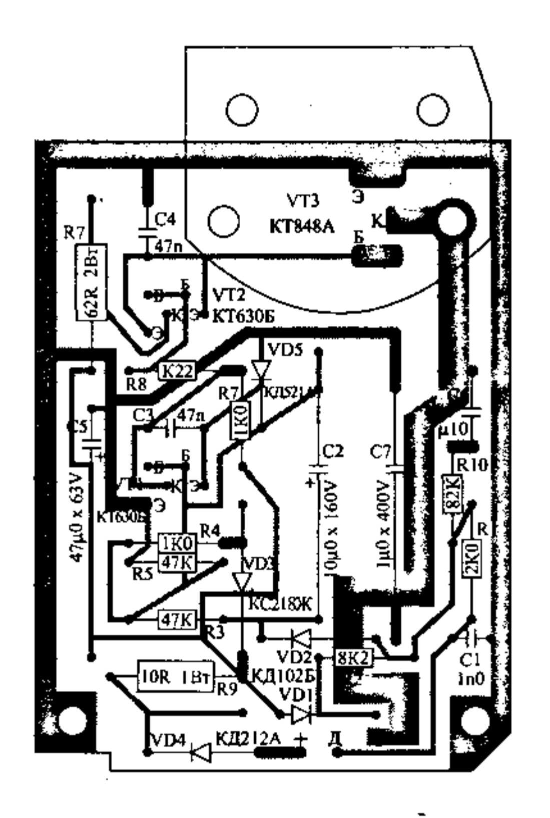


Рис. 7.5. Монтажная плата коммутатора 13.3734 (масштаб 1:1), наихудший вариант исполнения.



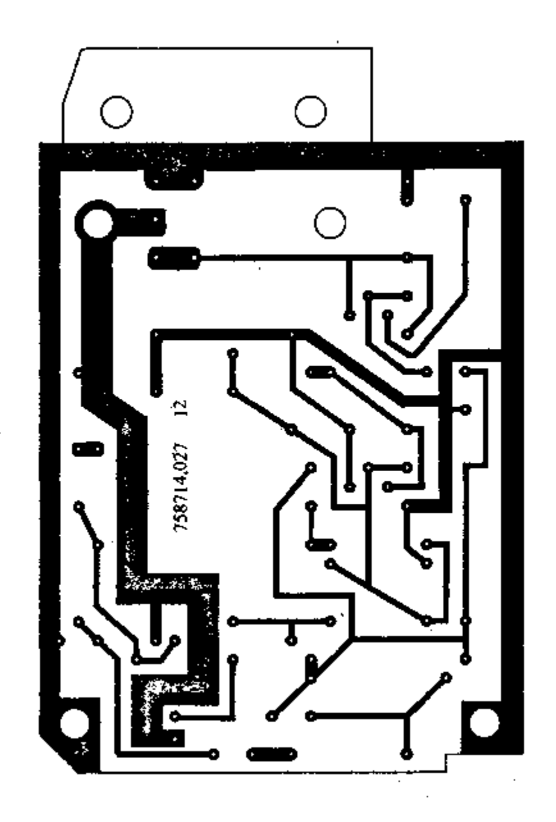
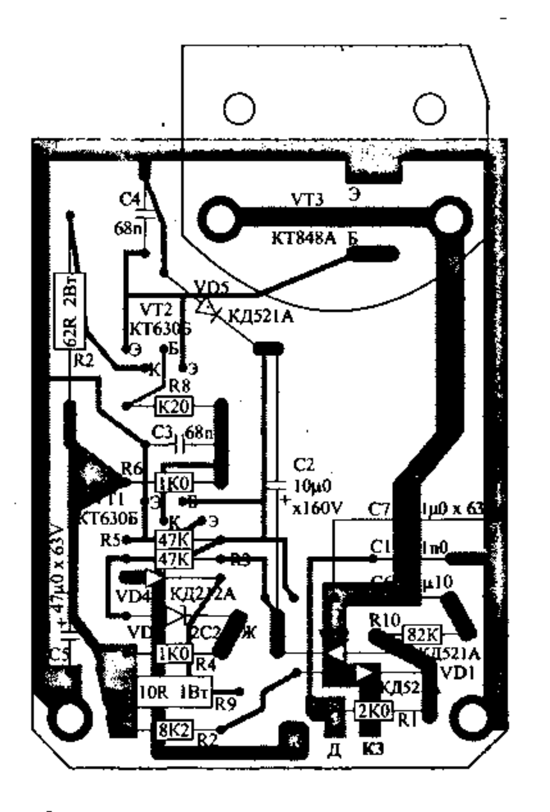


Рис. 7.6. Монтажная плата коммутатора 13.3734-01 (масштаб 1:1).



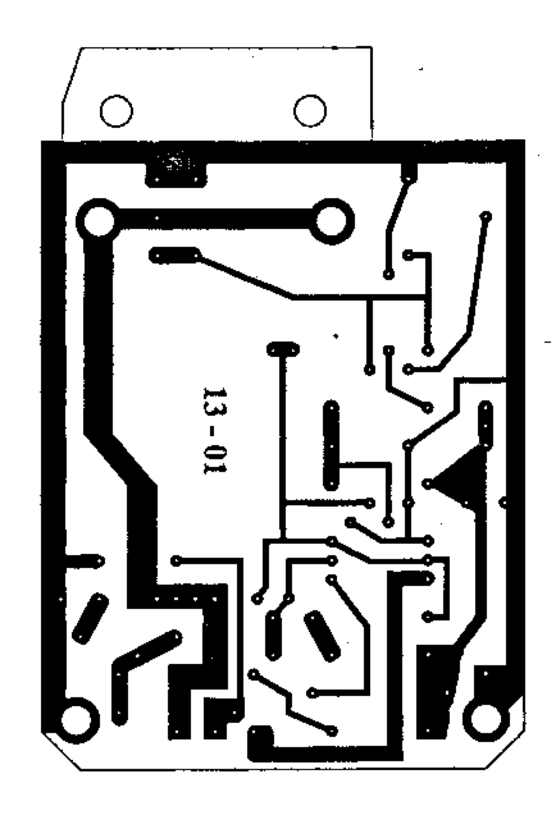


Рис. 7.7. Монтажная плата коммутатора 13.3734-01 (масштаб 1:1).

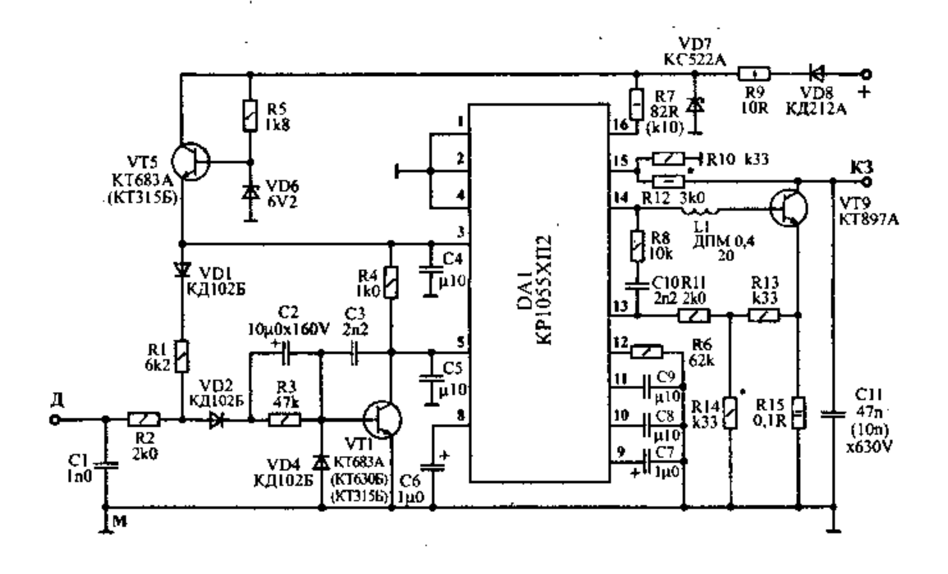


Рис. 7.8. Принципиальная схема коммутаторов 131.3734, 468332 008 - аналога 131.3734 (нумерация деталей выполнена согласно маркировке на заводской плате коммутатора 468332 008).

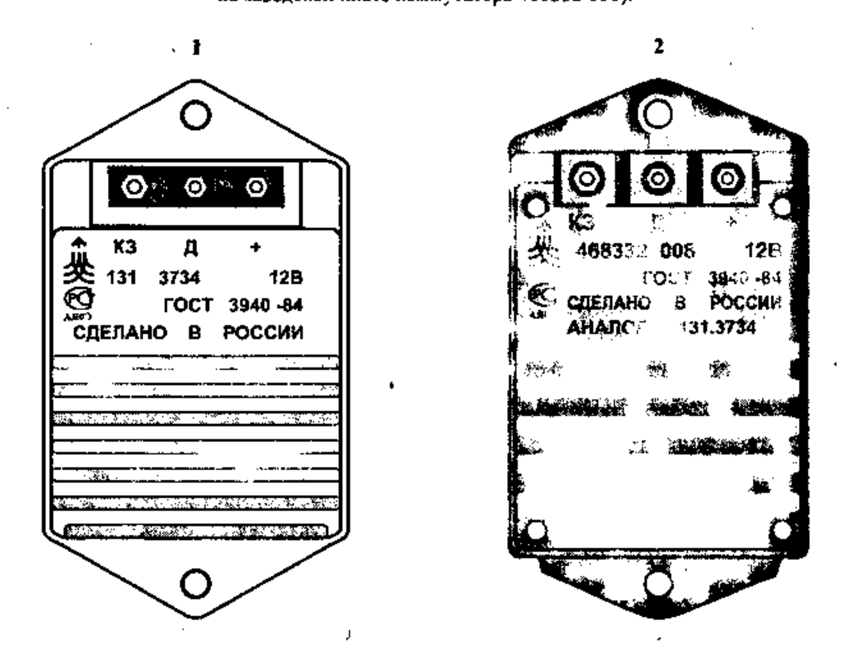
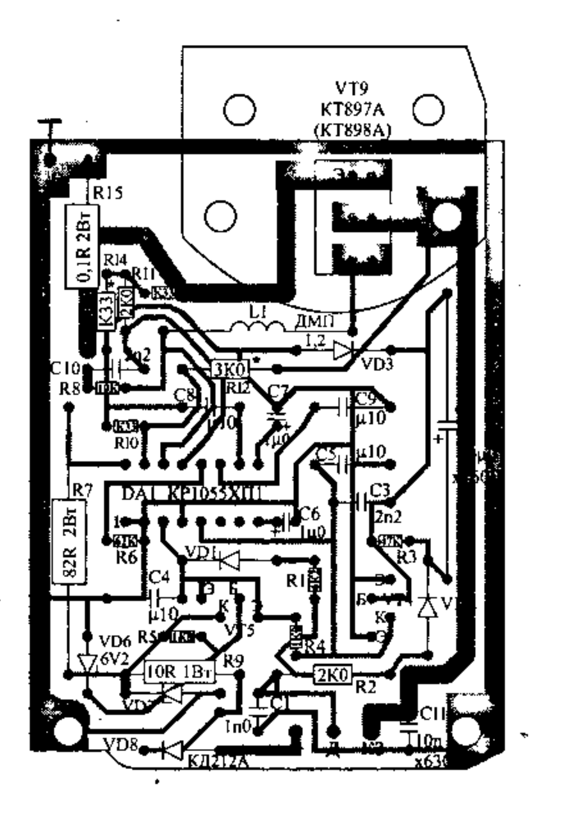


Рис. 7.9. Внешний вид коммутатора: 1 - 131.3734; 2 - 468332 008 (Ульяновск), масштаб 1:2.



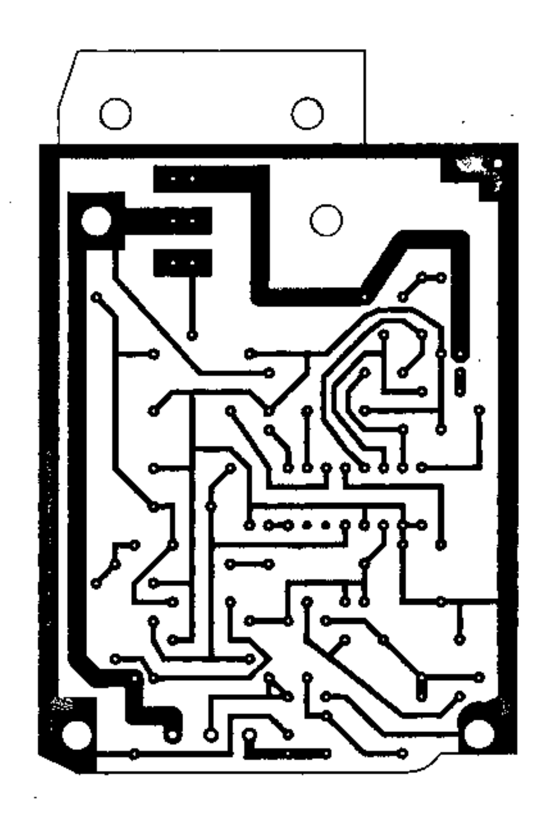
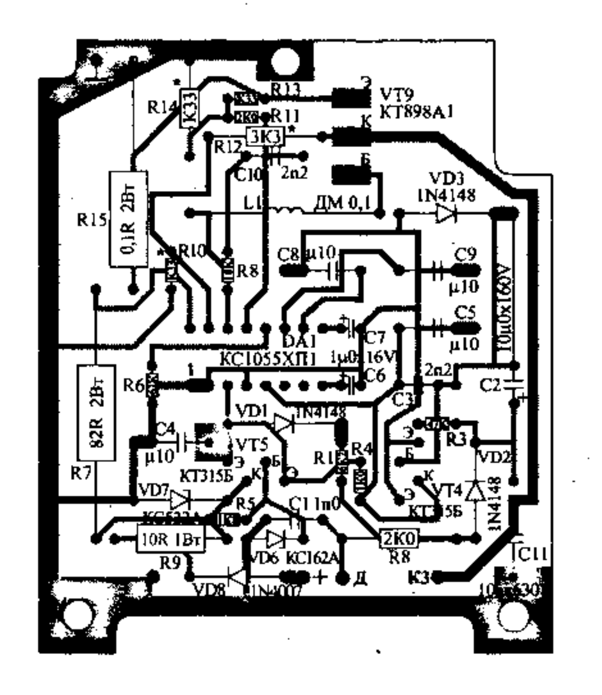


Рис. 7.10. Монтажная плата коммутатора 131.3734 (масштаб 1:1).



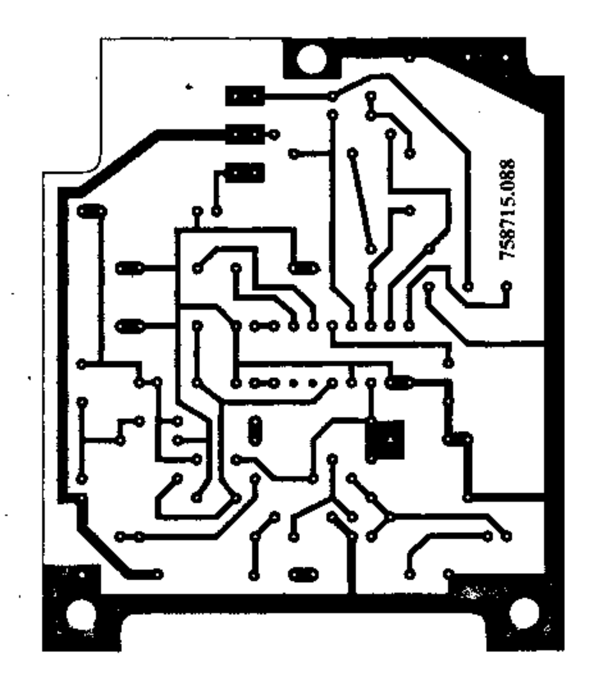


Рис. 7.11. Монтажная плата коммутатора 468 332 008 - аналога 131.3734 (масштаб 1:1).

VD5
KC522A
R14
k10
(k15)
R5
82R
(k10)
R8
10R
VD3
КД212А
+
1
2
4
3
16
15
R9 k33
*
K3
14
R11 3k0
VT2
BU941ZPF1
(BU323Z)
L1 ДПМ 0,4
20
R6
10k
DA1
КР1055ХП2
C4
μ10
R4
1k0
VD1
КД102Б
C7 2n2
R7 2k0
R12 k33
13
R15
151R
C2
10μ0x160V
C11
2n2
5
R2
6k2
12
R18
62k
C3
μ10
11
C9
μ10
VD2
КД102Б
R3
47k
Д
R10
k33
*
R13
0,1R
C10
47n
x630V
10
C8
μ10
R1
2k0
8
C1
1n0
VD4
КД102Б
VT1
КТ683А
(КТ315Б)
9
C6
1μ0
C5
1μ0
M

Рис. 7.12. Принципиальная схема коммутаторов 90.3734, 131.3734.

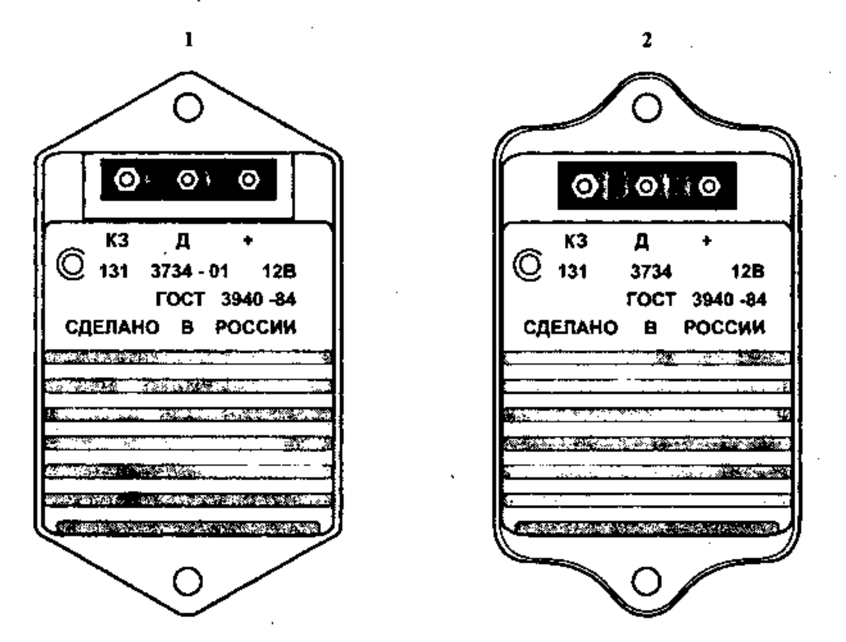
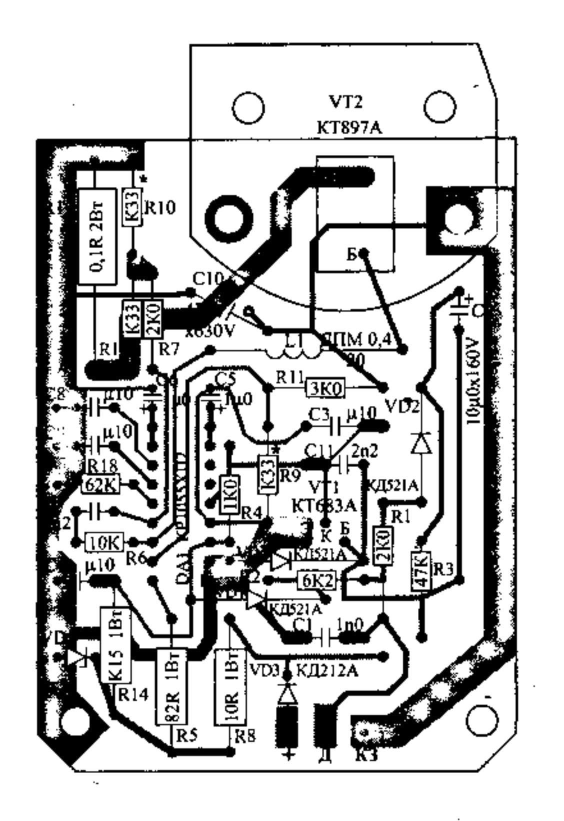


Рис. 7.13. Внешний вид коммутатора: 1 и 2 - 131.3734 (Старый Оскол), масштаб 1:2.



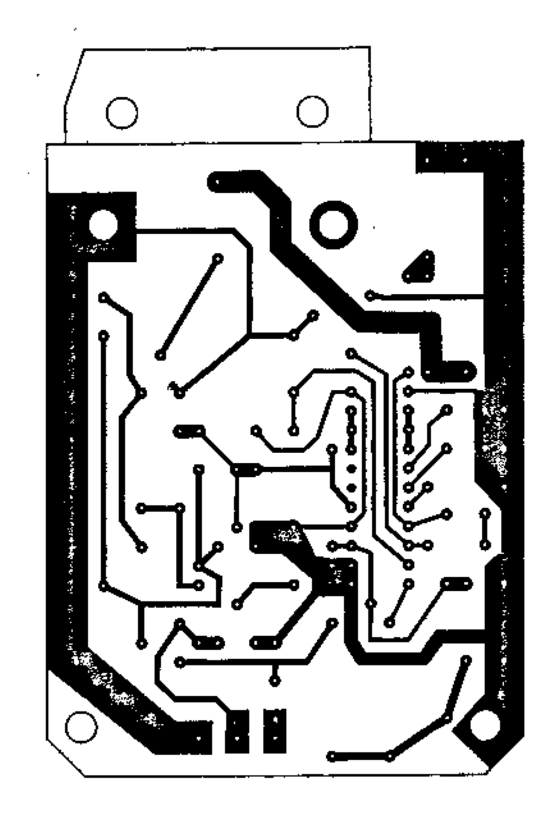
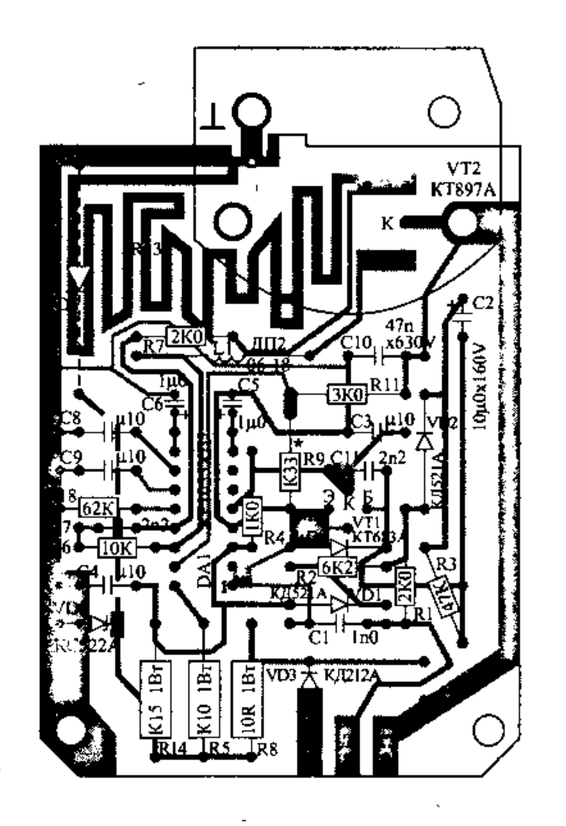


Рис. 7.14. Монтажная плата коммутатора 131.3734 (масштаб 1:1).



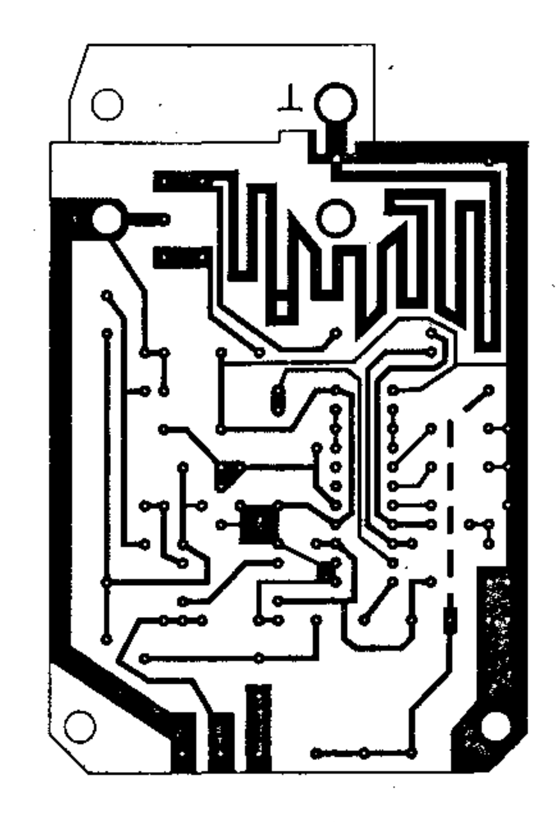


Рис. 7.15. Монтажная плата коммутатора 131.3734 (масштаб 1:1), отсутствует делитель R10/R12.

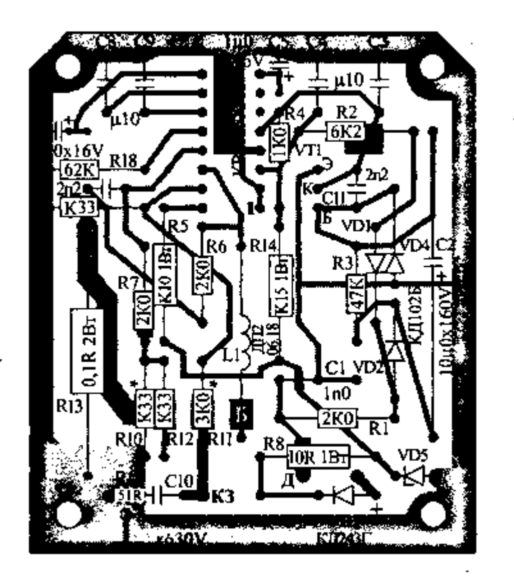


Рис. 7.16. Монтажная плата коммутатора 90.3734 (масштаб 1:1).

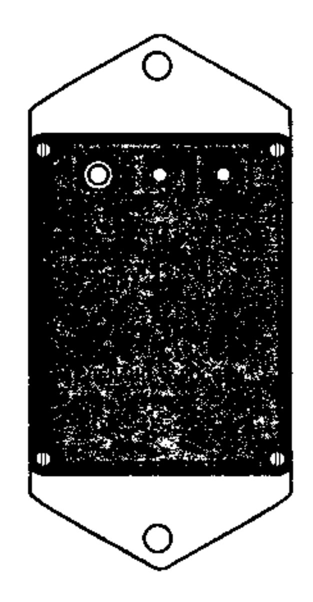


Рис. 7.17. Внешний вид коммутатора: 1 - 90.3734; 2 - 131.3734 - ПРЕРЫВАТЕЛЬ ЗАЖИГАНИЯ (масштаб 1:2).

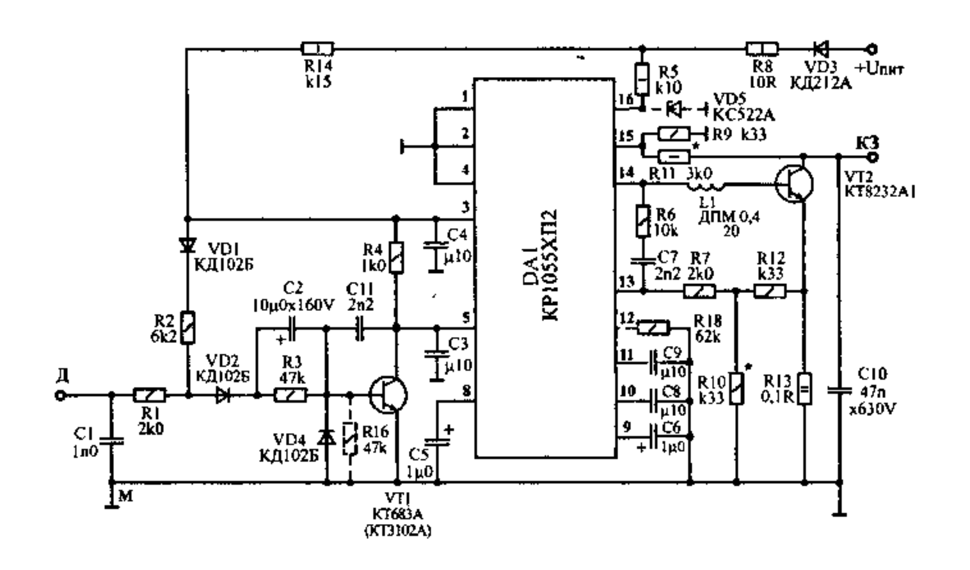
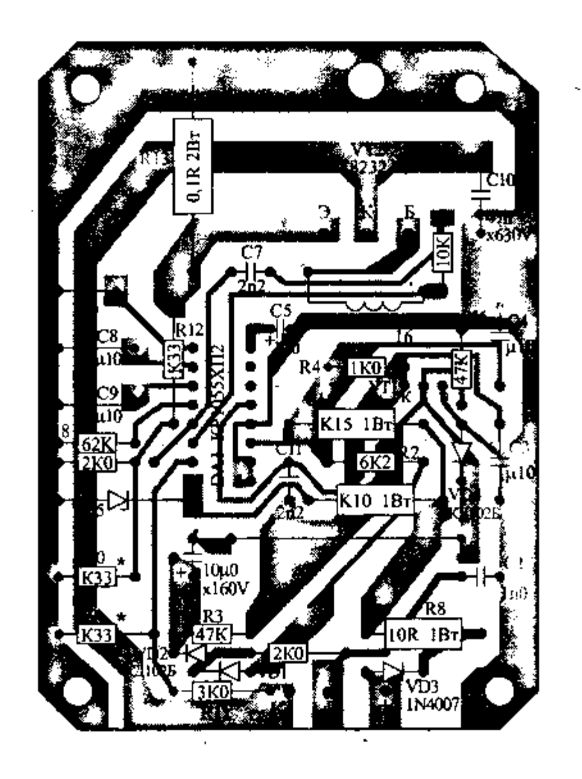


Рис. 7.18. Принципиальная схема коммутатора 131.3734.



Рис. 7.19. Внешний вид коммутатора 131.3734 (масштаб 1.2).



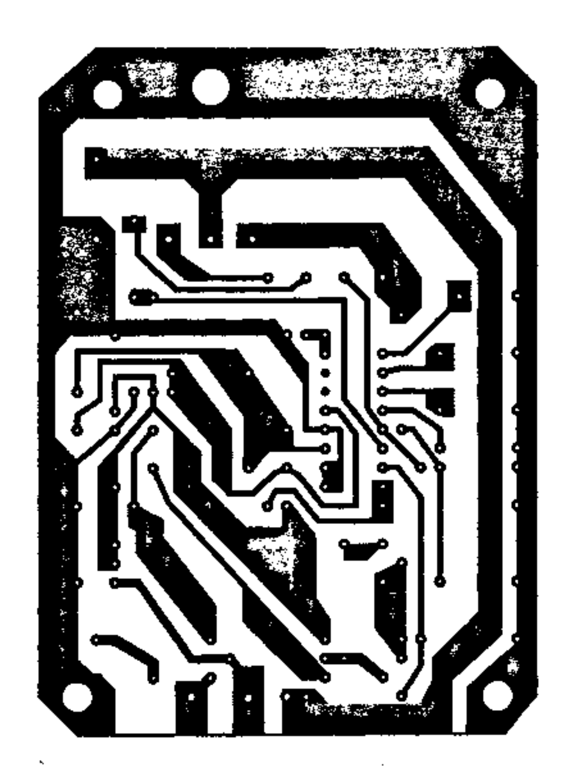


Рис.7.20. Монтажная плата коммутатора 131.3734 (масштаб 1:1).

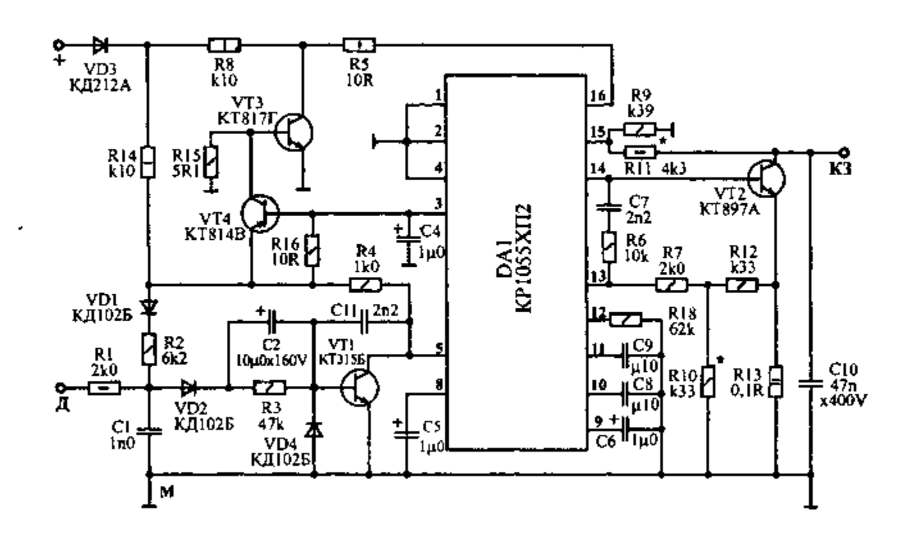
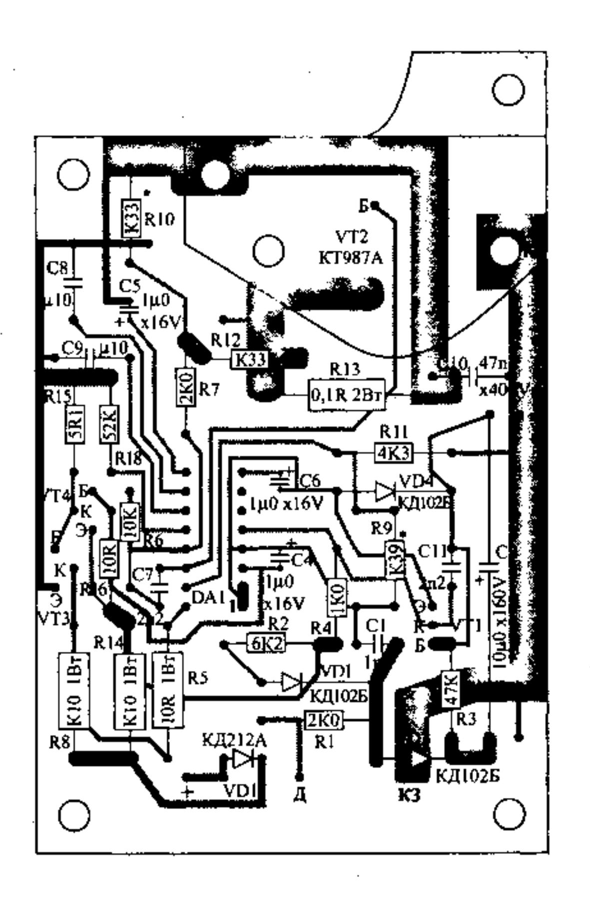


Рис. 7.21. Принципиальная схема коммутатора 94 3734.



Рис. 7.22. Внешний вид коммутатора 94.3734 (масштаб 1 2).



АДИГ. 758714.007

Рис.7.23. Монтажная плата коммутатора 94.3734 (масштаб 1:1).

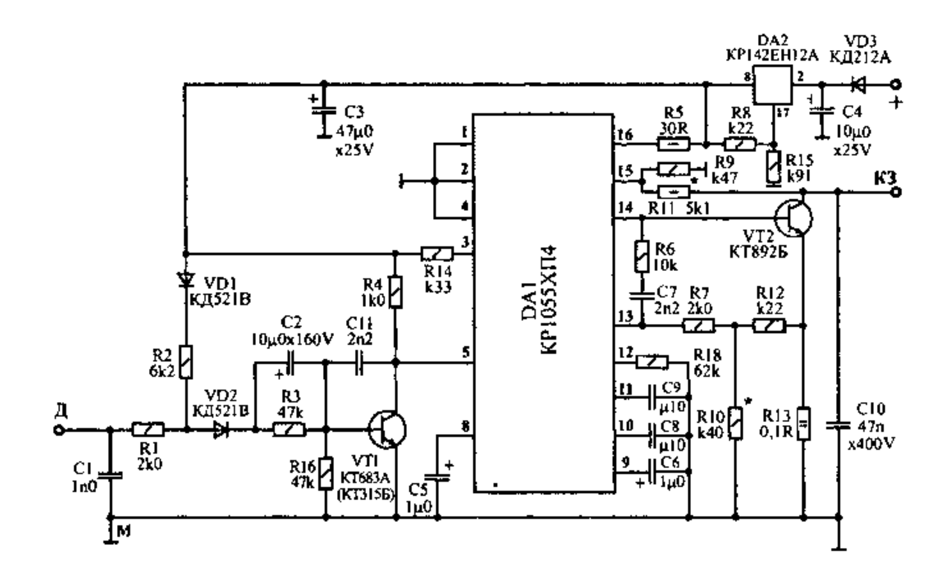
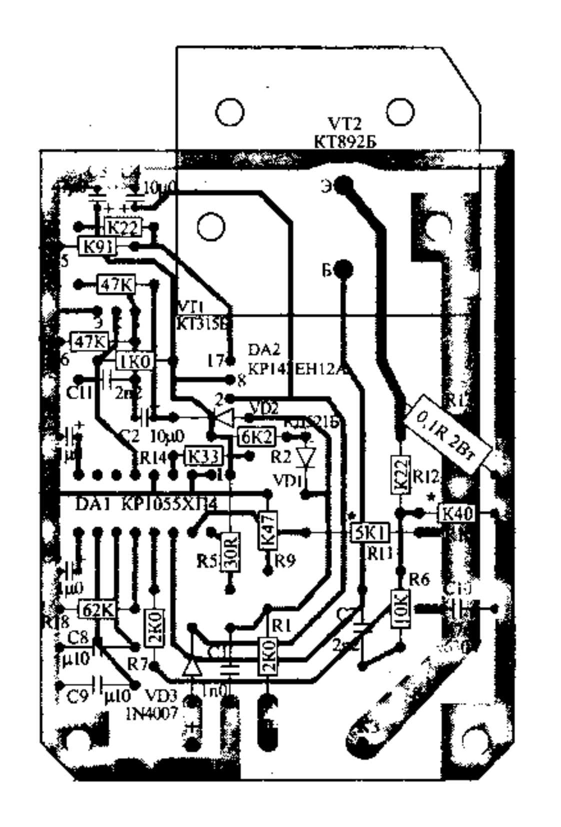


Рис. 7.24. Принципиальная схема коммутатора 468332131.



Рис. 7.25. Внешний вид коммутатора 468332131 (масштаб 1 2).



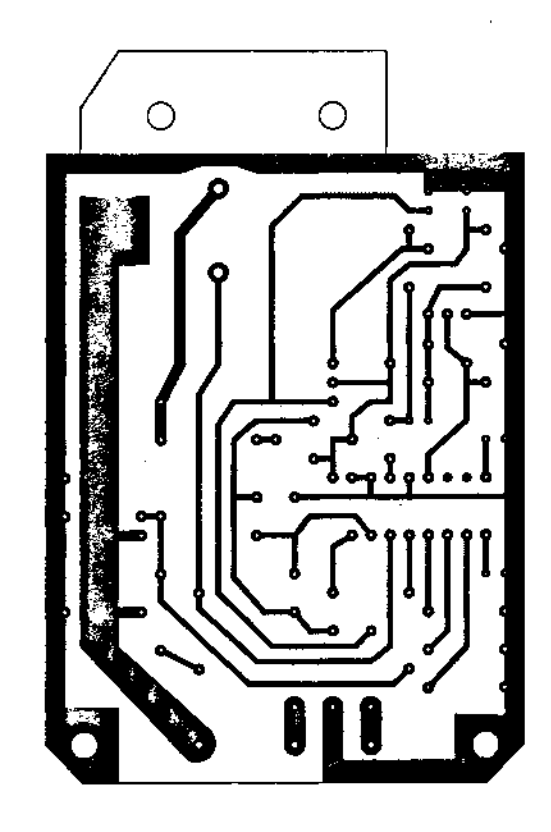


Рис.7.26. Монтажная плата коммутатора 468332131 (масштаб 1:1).

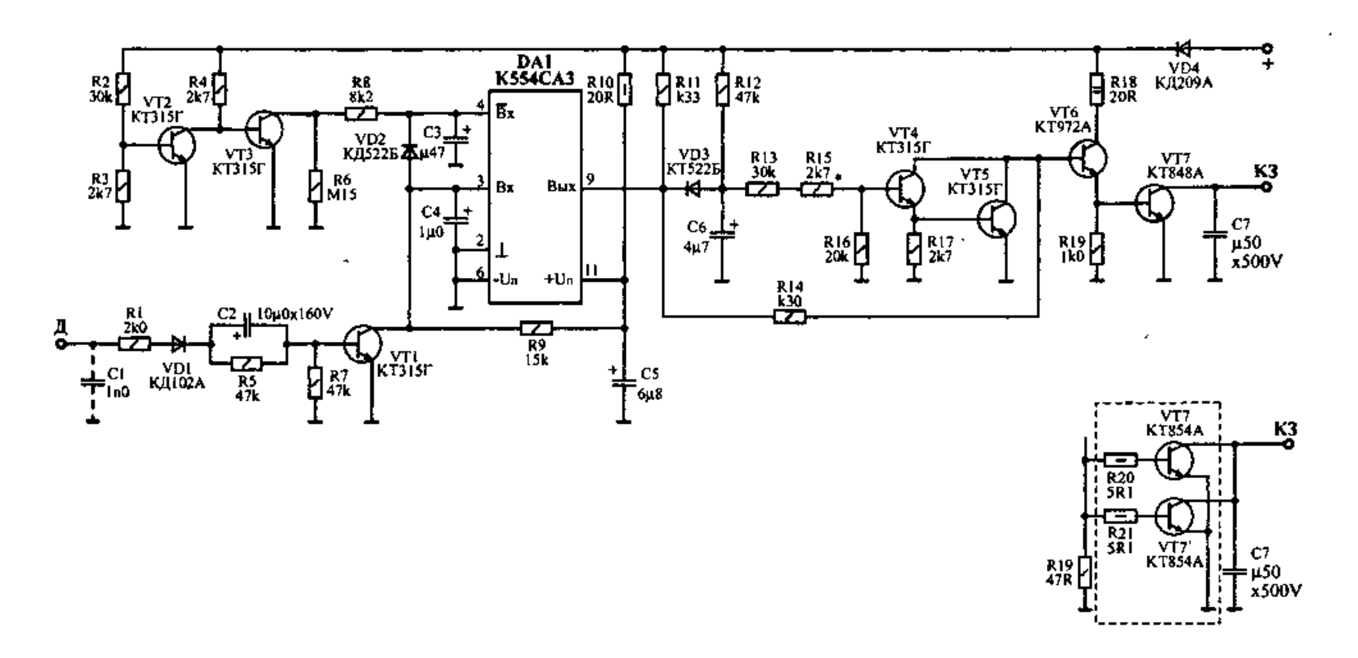
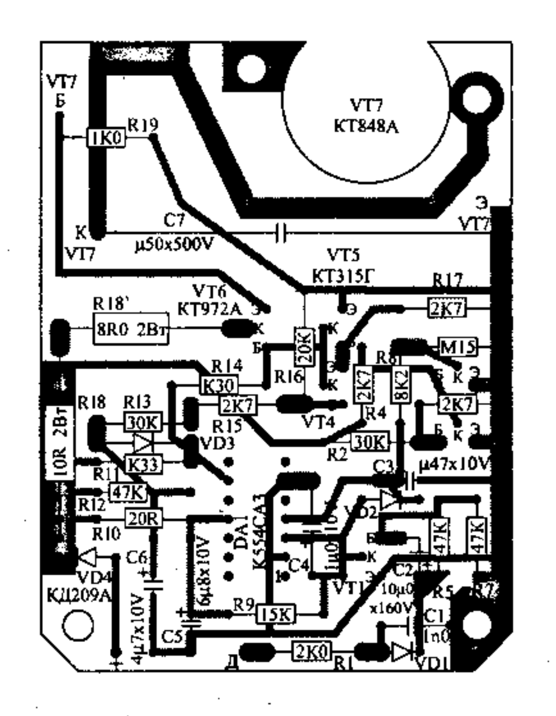


Рис. 7.27. Принципиальная схема коммутатора 13-3734 в корпусе 131.3734 - ПРЕРЫВАТЕЛЬ ЗАЖИГАНИЯ, на микросхеме K554CA3A

(в прямоугольнике показано подключение двух транзисторов, вместо одного составного VT7, см. плату на рис. 7.29).



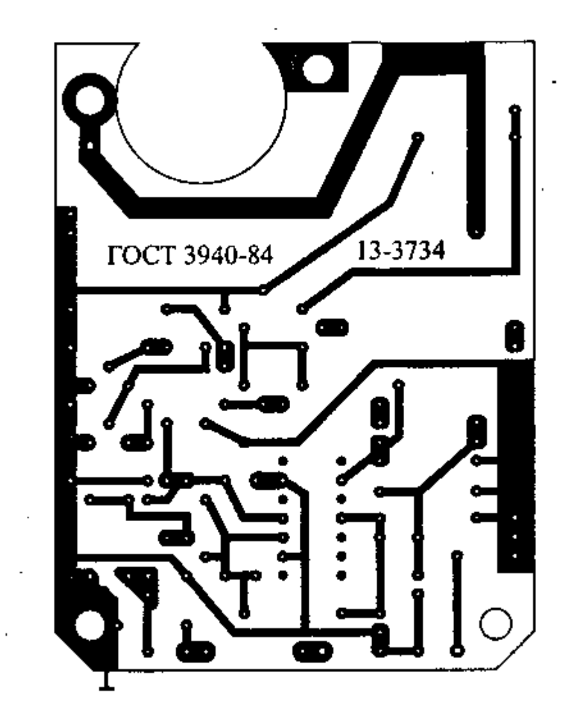
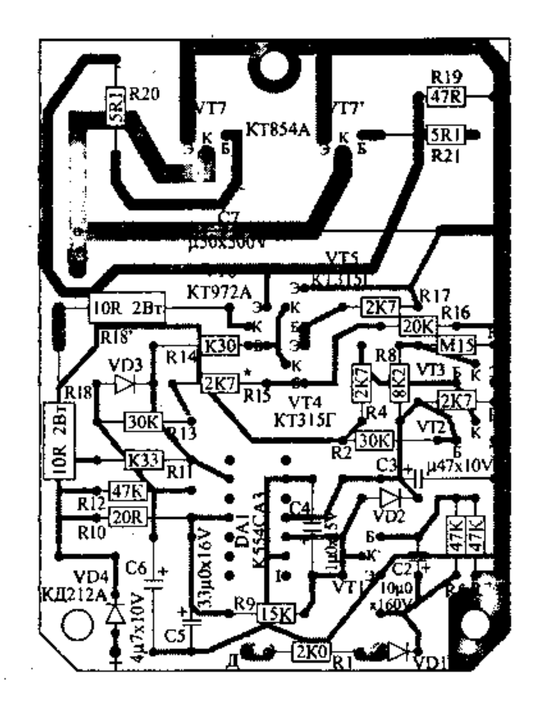


Рис. 7.28. Монтажная плата коммутатора 13-3734 - ПРЕРЫВАТЕЛЬ ЗАЖИГАНИЯ (масштаб 1:1), наихудший вариант исполнения.



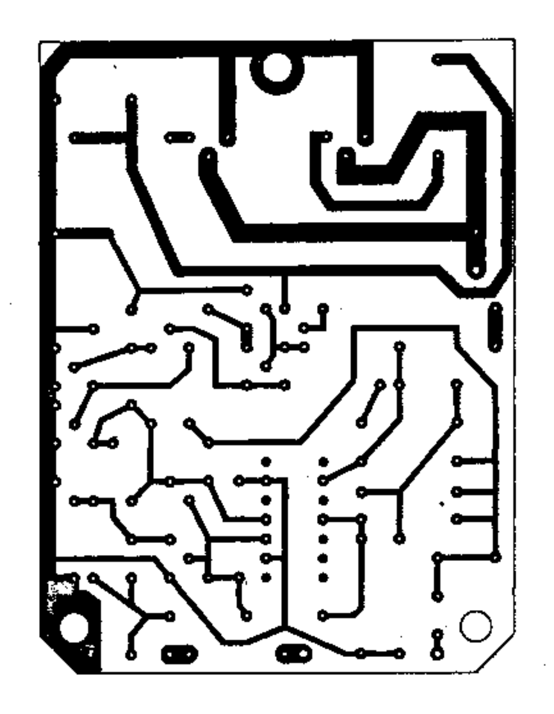
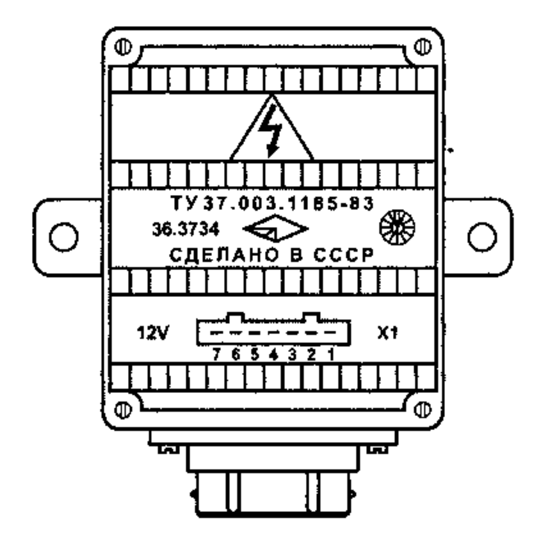


Рис. 7.29. Монтажная плата коммутатора 13-3734 на микросхеме К554СА3А - в корпусе коммутатора 131.3734 (масштаб 1:1), плохой вариант исполнения.

1



2

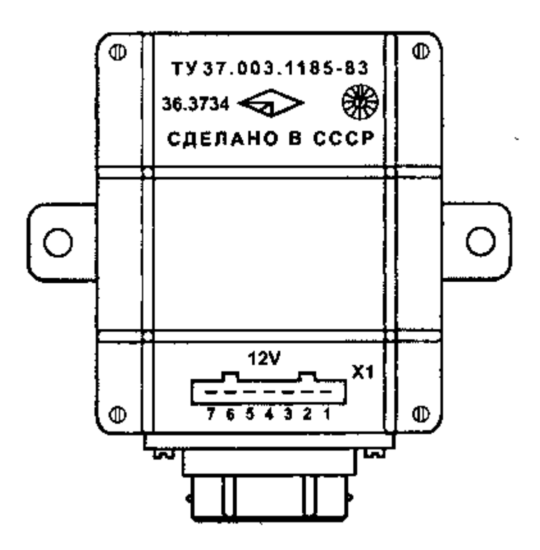


Рис. 7.30. Внешний вид коммутатора: 1 и 2 - 36.3734 (масштаб 1:2).

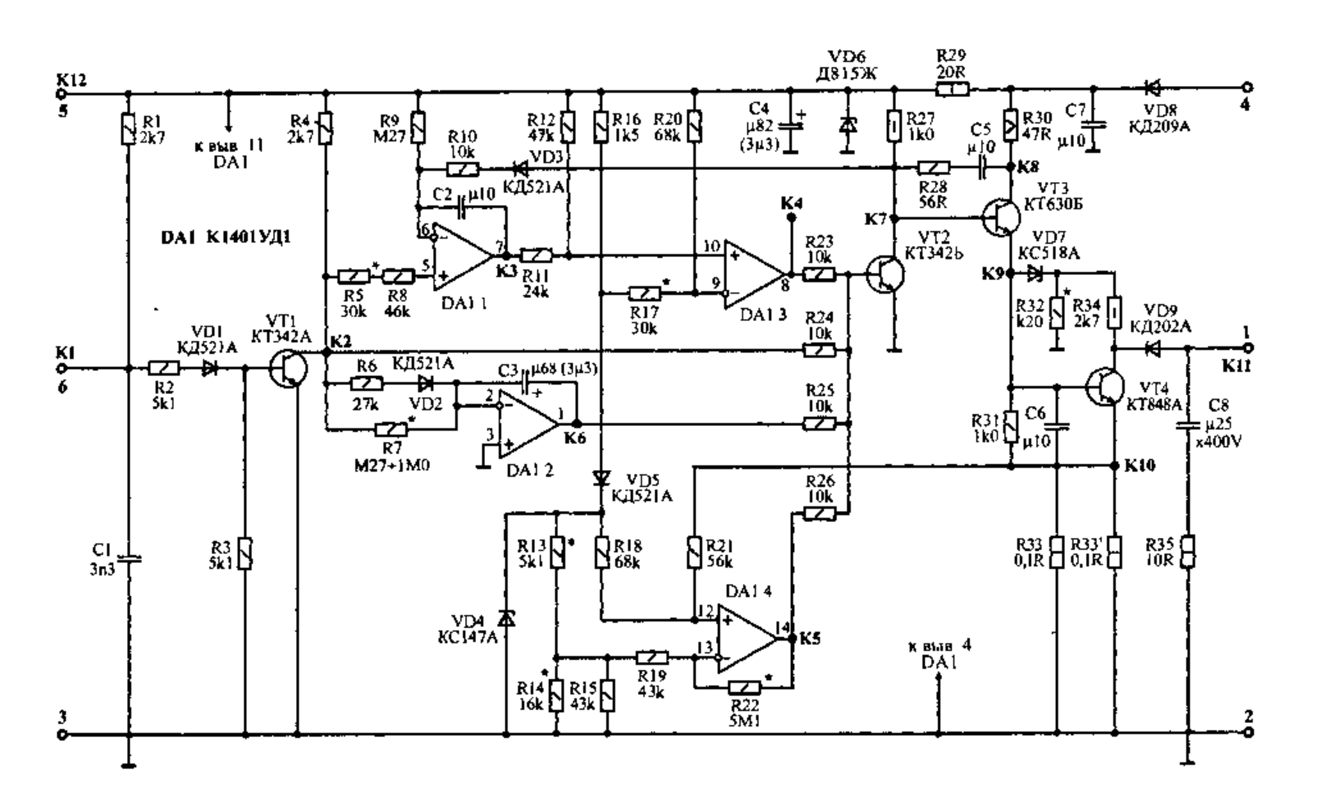
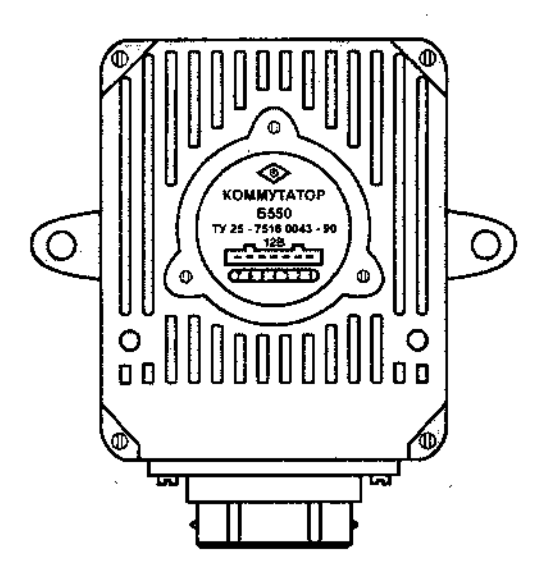


Рис. 7.31. Принципиальная схема коммутатора 36 3734
(как показывает практика такие элементы схемы как диоды VD1, VD5, VD9 и конденсаторы C6, C7 - могут не использоваться)

Рис. 7.32. Монтажная плата коммутатора 36.3734 (масштаб 1:1).

1



2

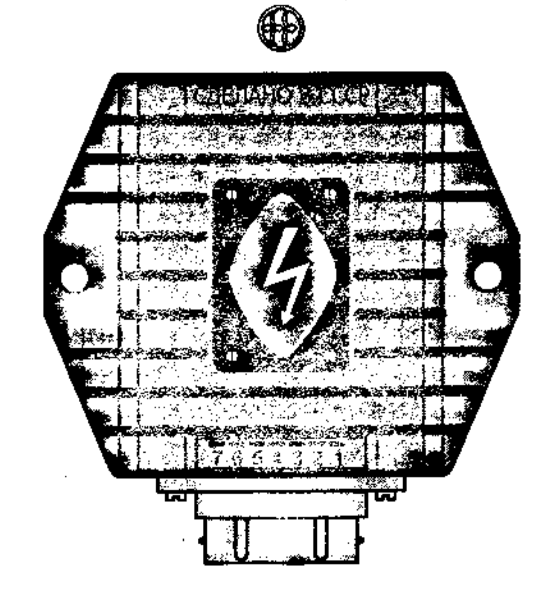
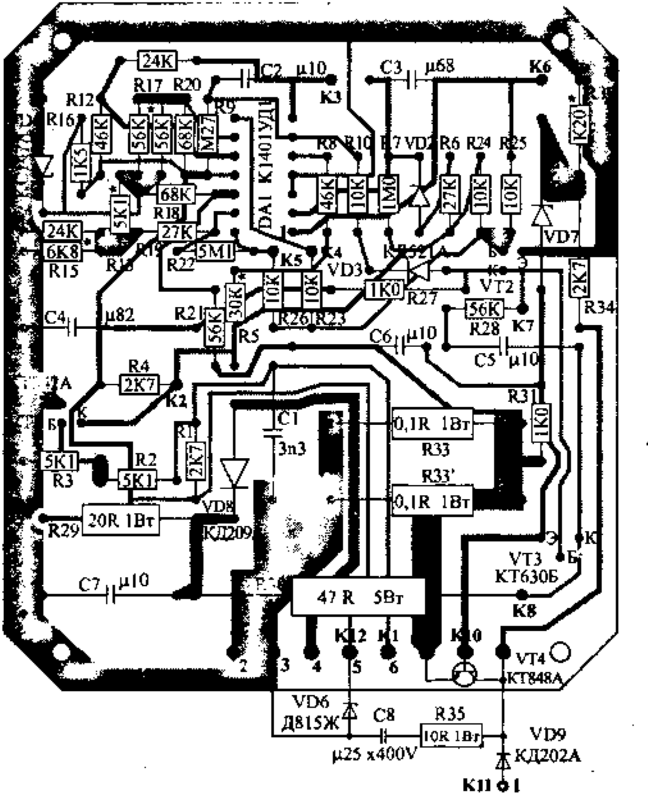


Рис. 7.33. Внешний вид коммутатора: 1 - Б550; 2 - "Вымпел" (масштаб 1:2).



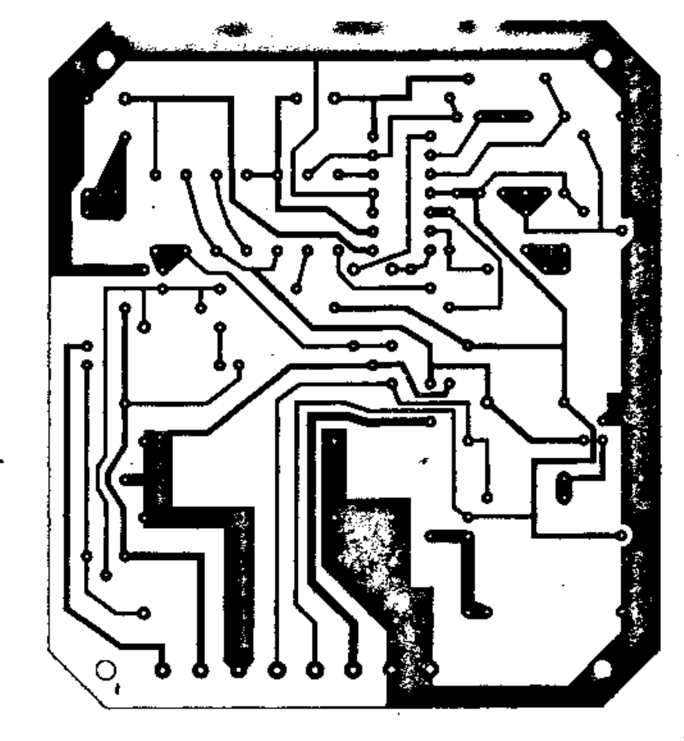


Рис. 7.34. Монтажная плата коммутатора Б550 - аналога 36.3734 (масштаб 1:1).

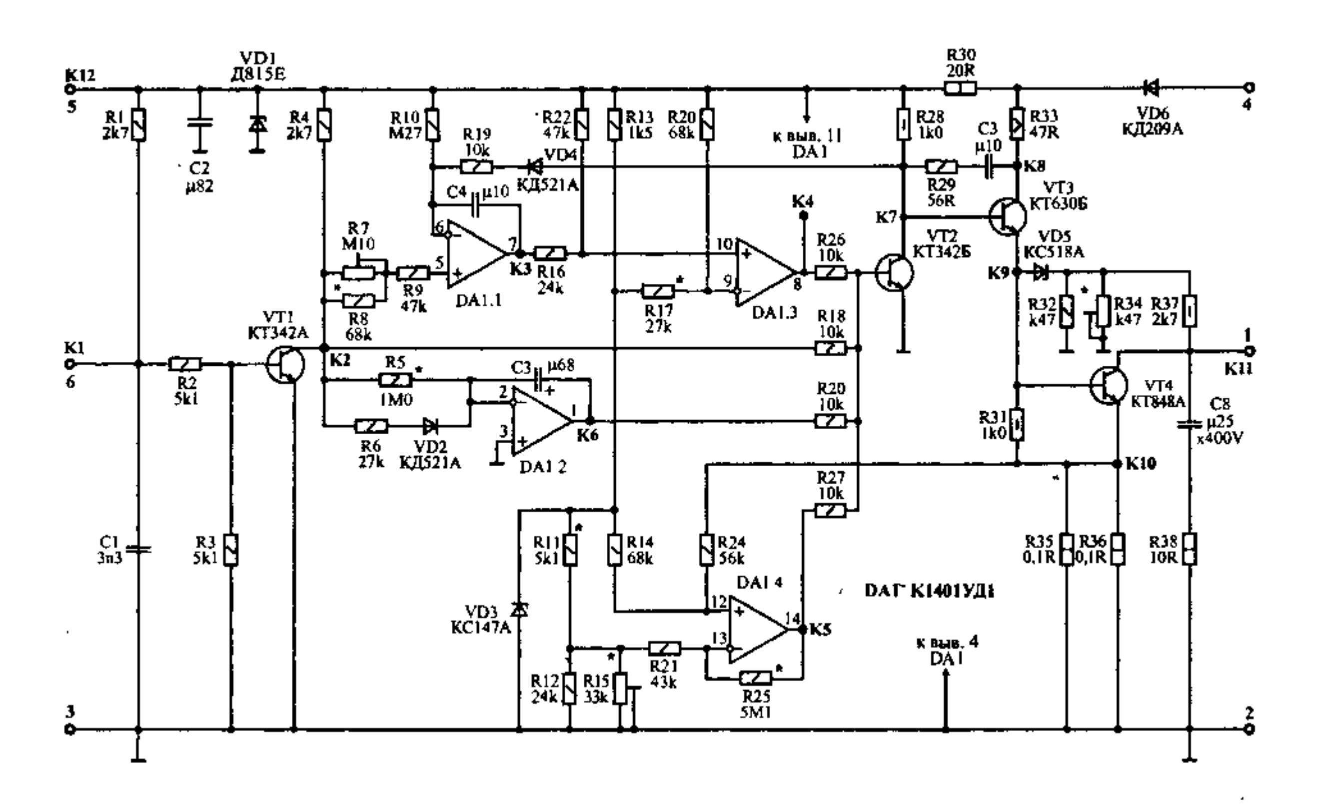
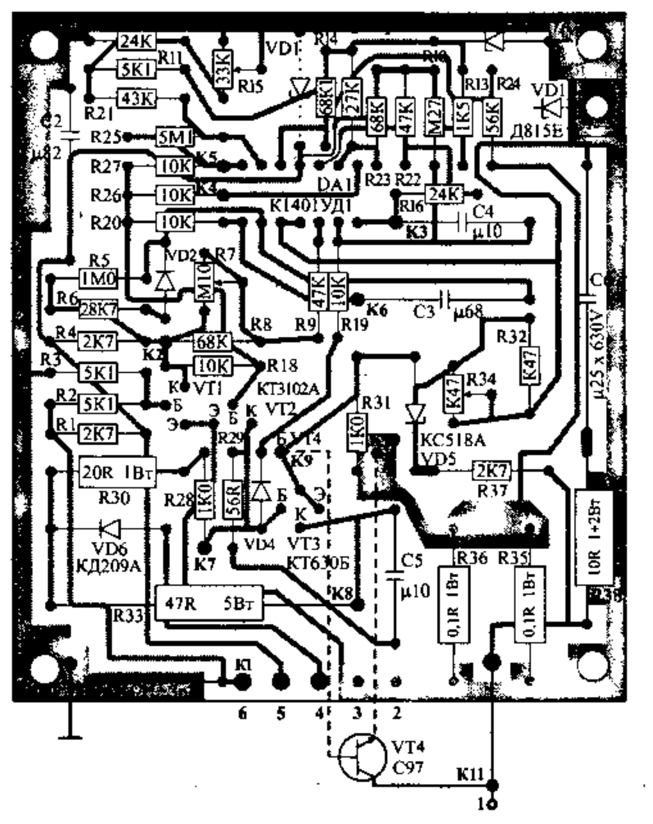


Рис. 7.35. Принципиальная схема коммутатора электронного "Вымпел" (АРР 3.212.008 ТУ) - аналога 36.3734 (нумерация деталелей выполнена согласно маркировке на заводской плате коммутатора).



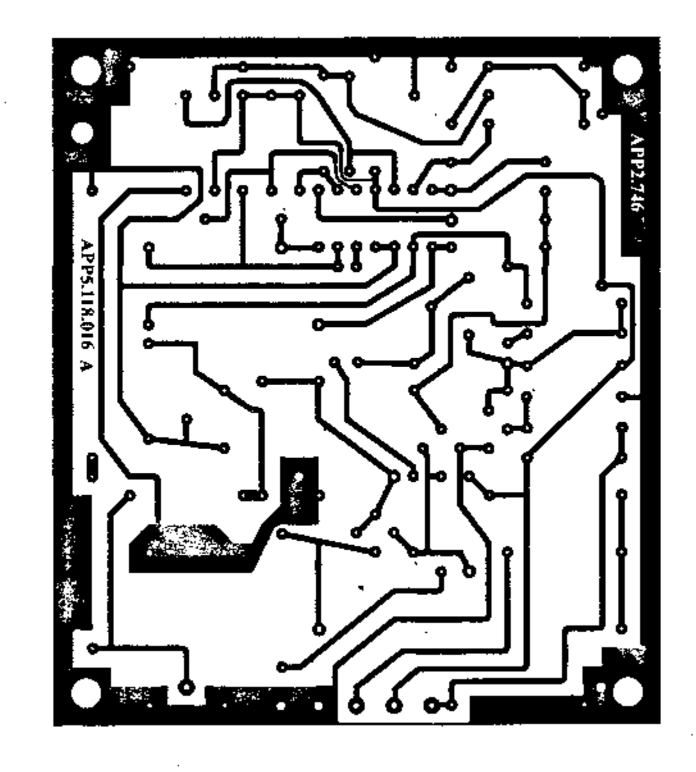
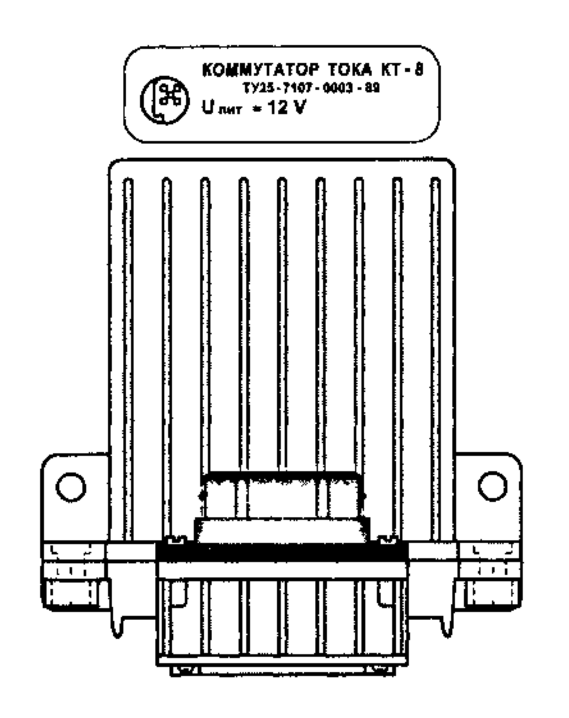


Рис. 7.36. Монтажная плата коммутатора электронного "Вымпел" (APP 3.212.008 ТУ) - аналога 36.3734 (масштаб 1:1).



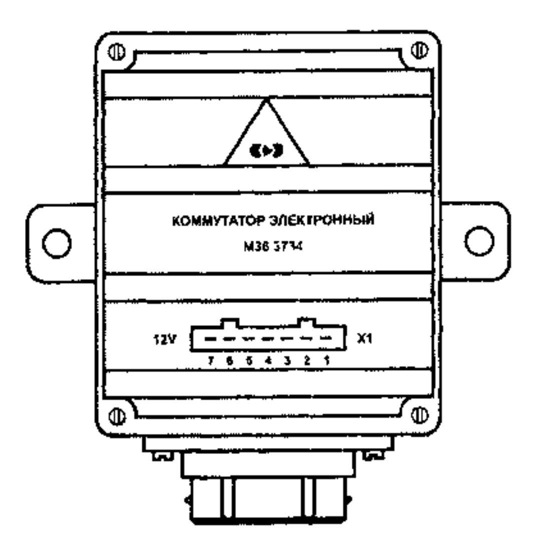


Рис. 7.37. Внешний вид коммутатора: 1 - ТК-8; 2 - М36.3734 (масштаб 1:2).

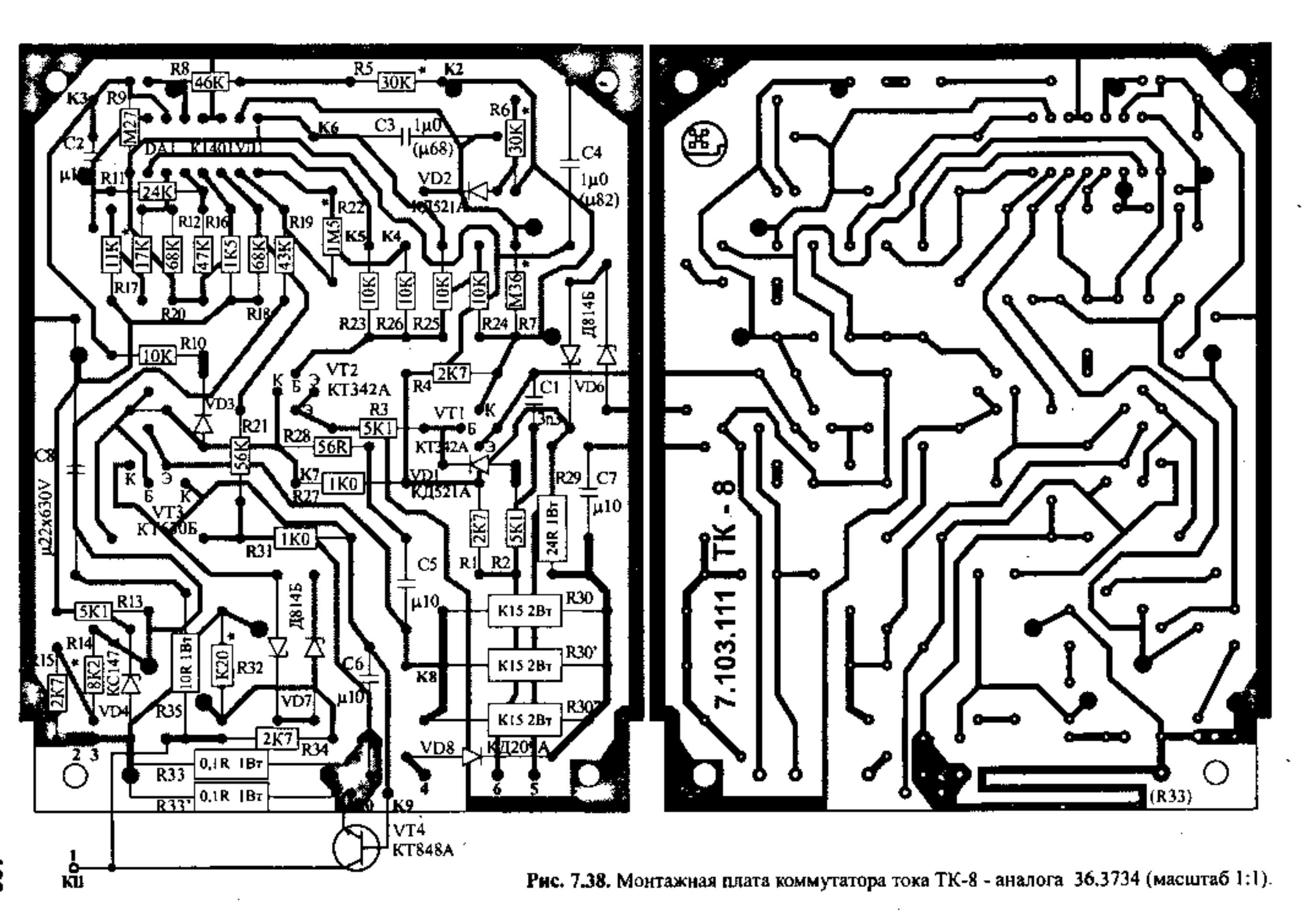


Рис. 7.38. Монтажная плата коммутатора тока ТК-8 - аналога 36.3734 (масштаб 1:1).

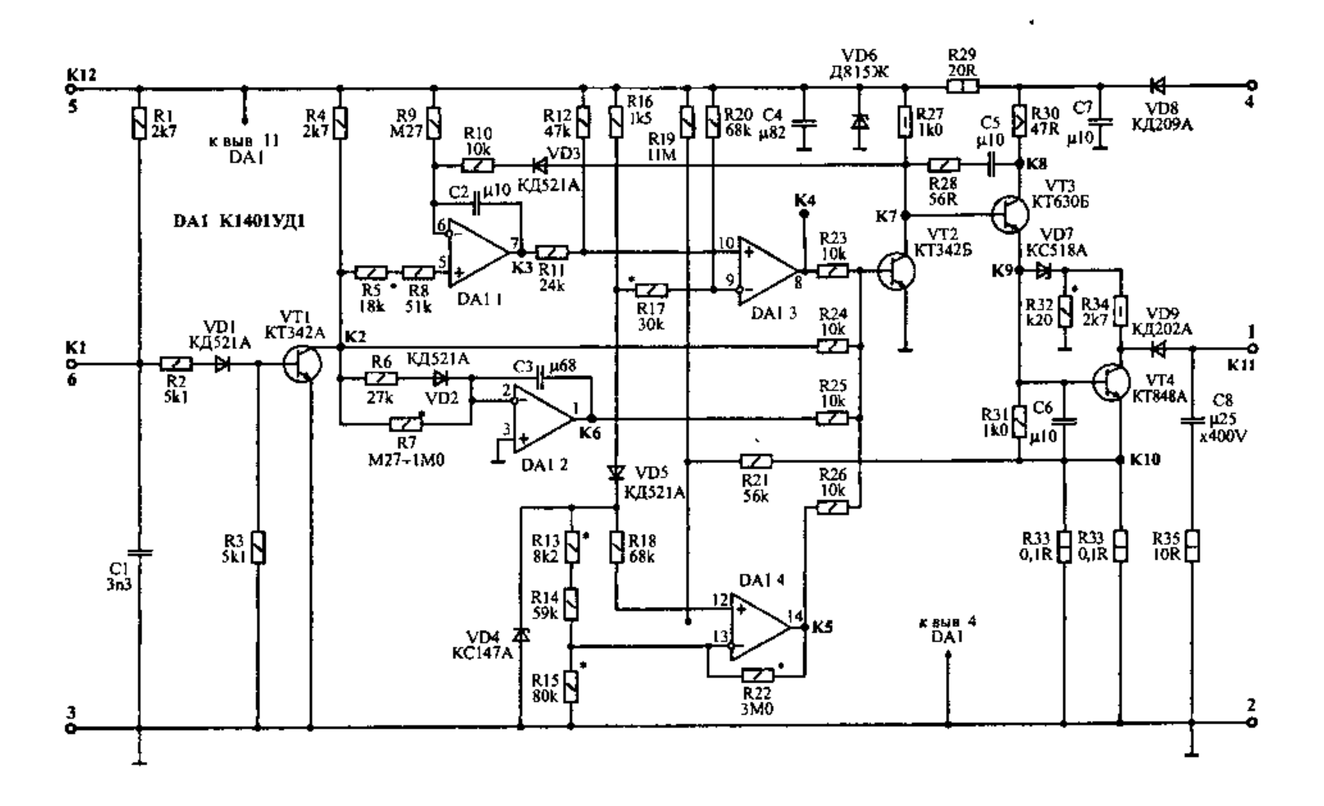


Рис. 7.39. Принципиальная схема коммутатора М36 3734
(как показывает практика такие элементы схемы как диоды VD1, VD9 и конденсаторы С6, С7 - могут не использоваться)

Рис. 7.40. Монтажная плата коммутатора М36.3734 (масштаб 1:1).

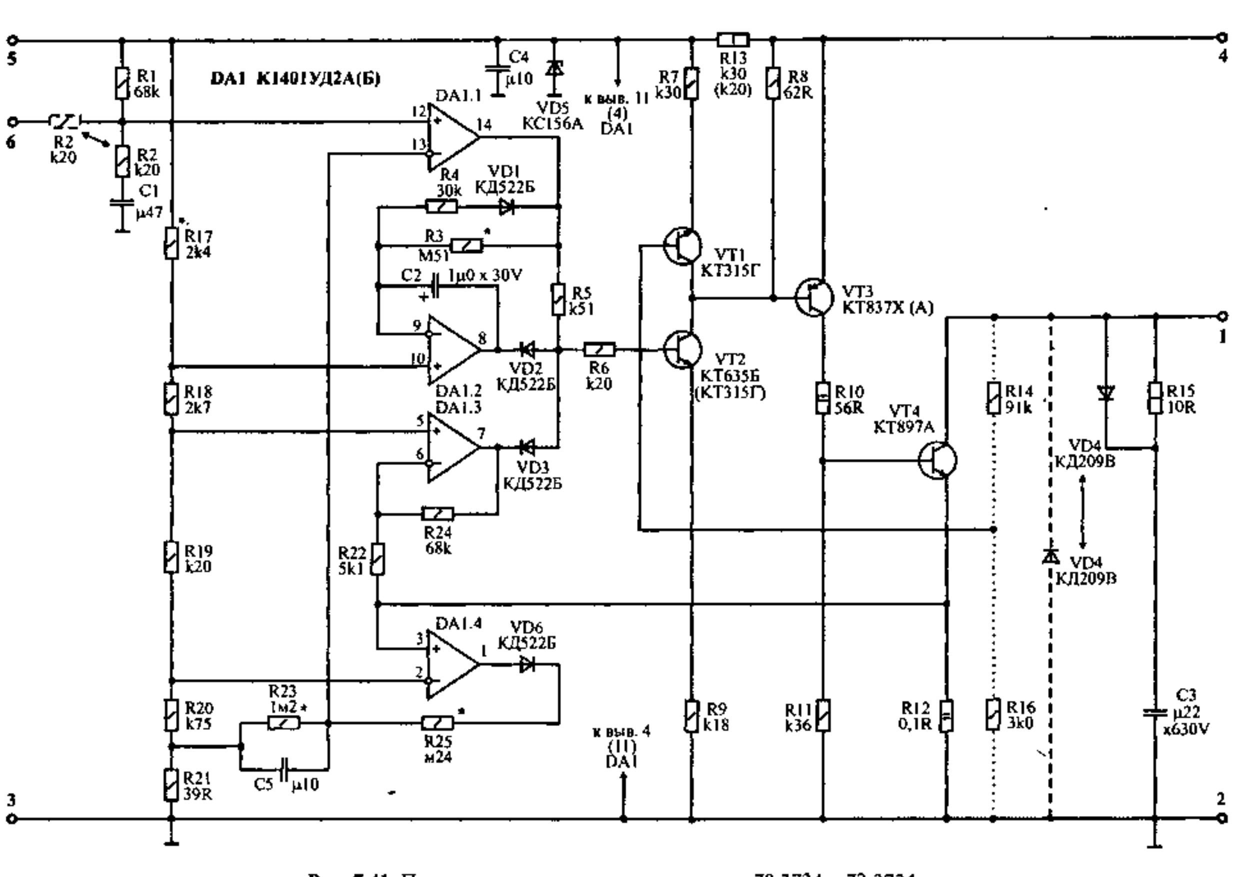


Рис. 7.41. Принципиальная схема коммутаторов 78.3734 и 72.3734
(нумерация деталей выполнена согласно маркировке на заводской плате коммутатора 78.3734 - ВЖРИ.465211.001 ТУ).

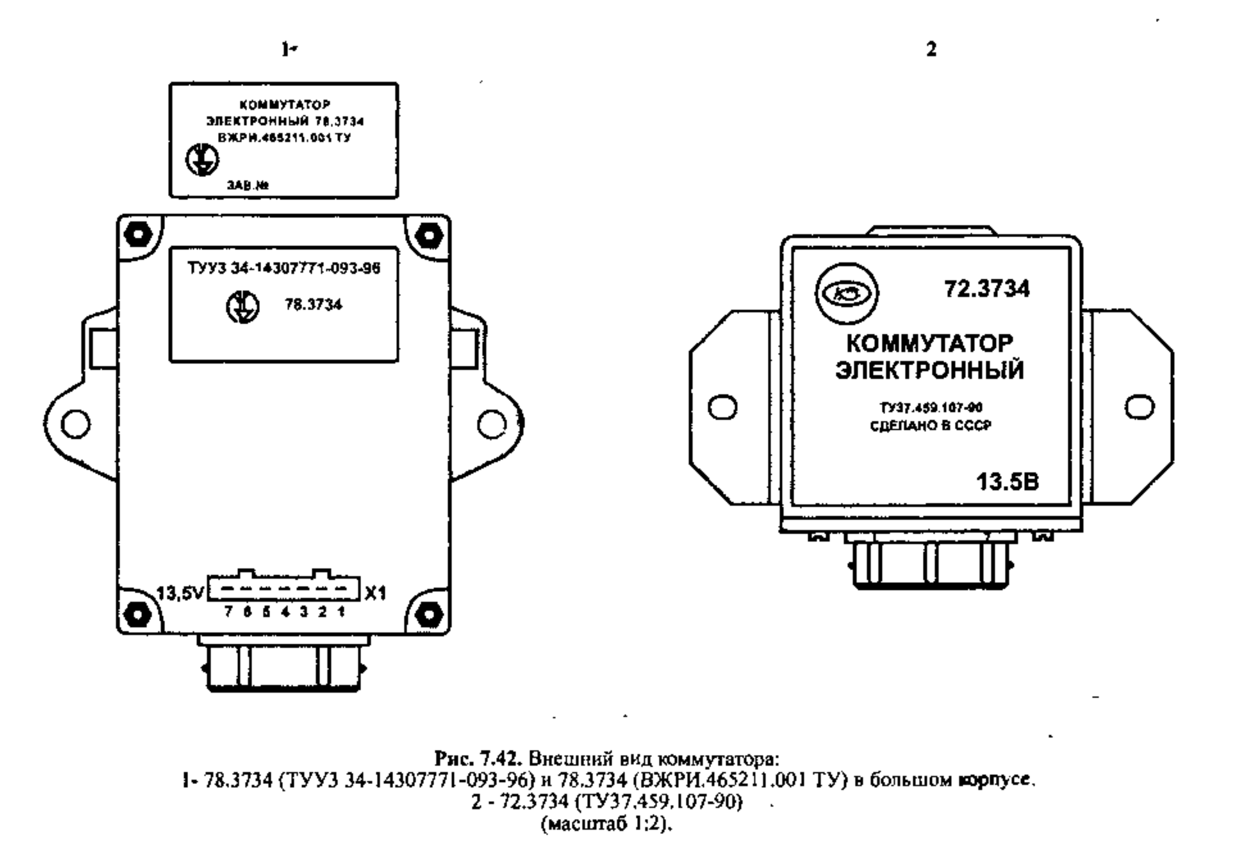
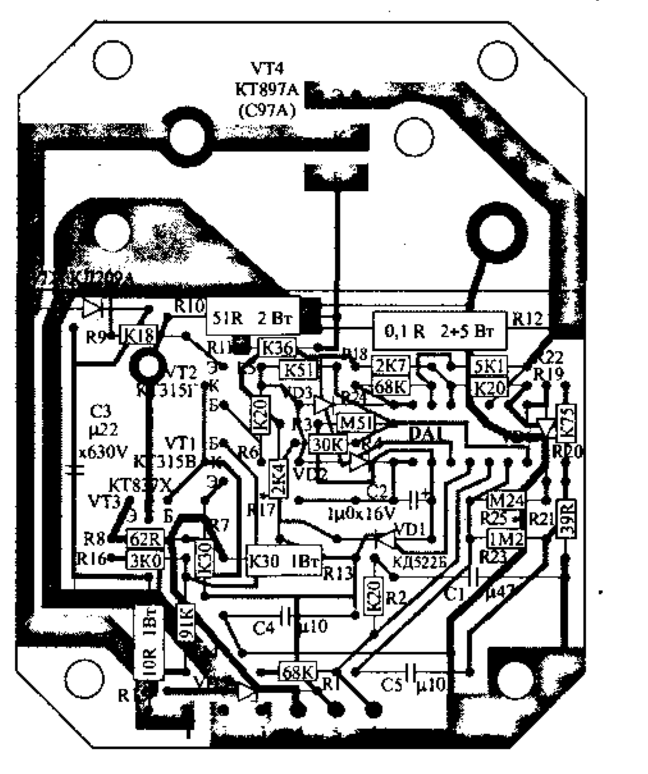


Рис. 7.42. Внешний вид коммутатора:
1- 78.3734 (ТУУЗ 34-14307771-093-96) и 78.3734 (ВЖРИ.465211.001 ТУ) в большом корпусе.
2 - 72.3734 (ТУ37.459.107-90)
(масштаб 1:2).



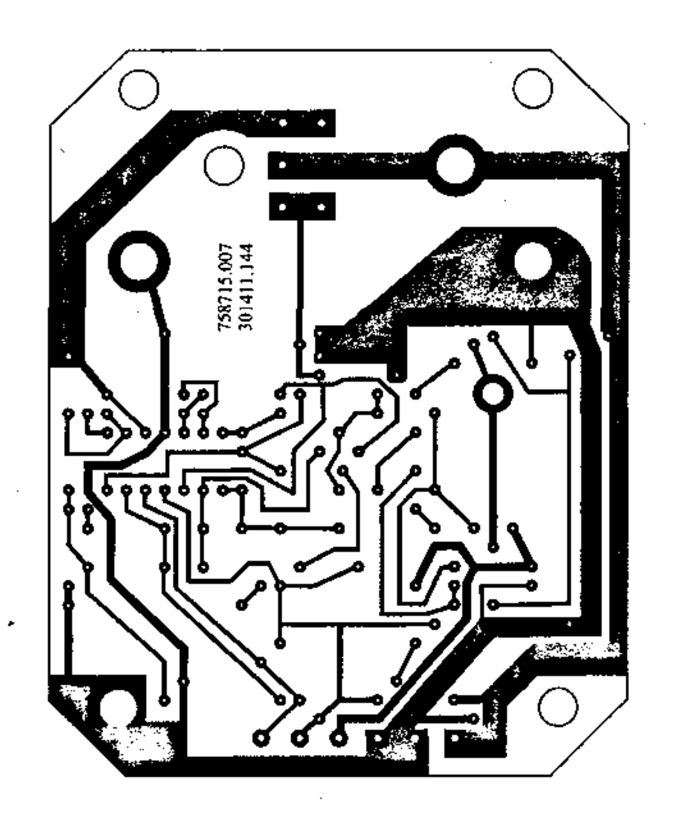
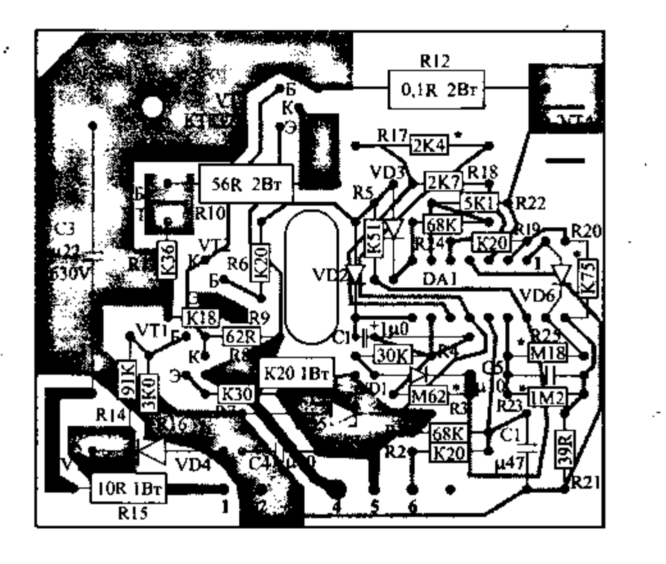


Рис. 7.43. Монтажная плата коммутатора 78.3734 (ТУУ3 34-14307771-093-96 и ВЖРИ.465211.001 ТУ), масштаб 1:1,
в отдельных коммутаторах цепочка VT1, R7, R14, R16 не устанавливается.



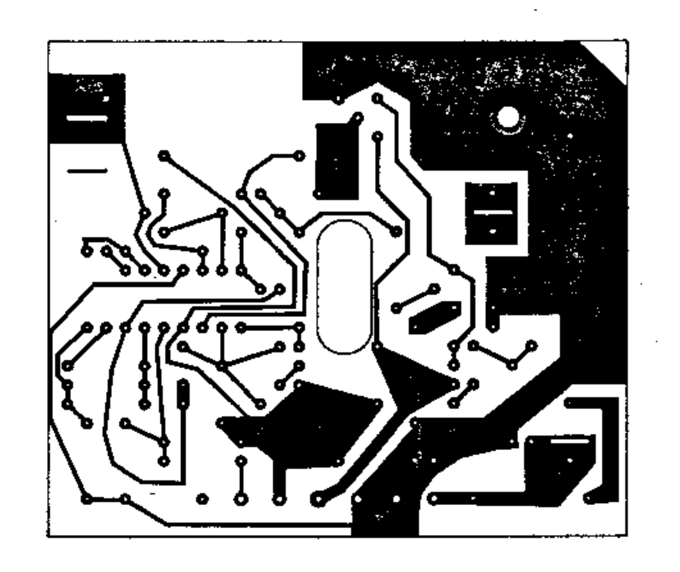


Рис. 7.44. Монтажная плата коммутатора 72.3734 (ТУ37.459.107-90),
масштаб 1:1,
отличия от схемы коммутатора 78.3734 показаны крупными пунктирными линиями и указаны стрелками (см. рис. 6.75).

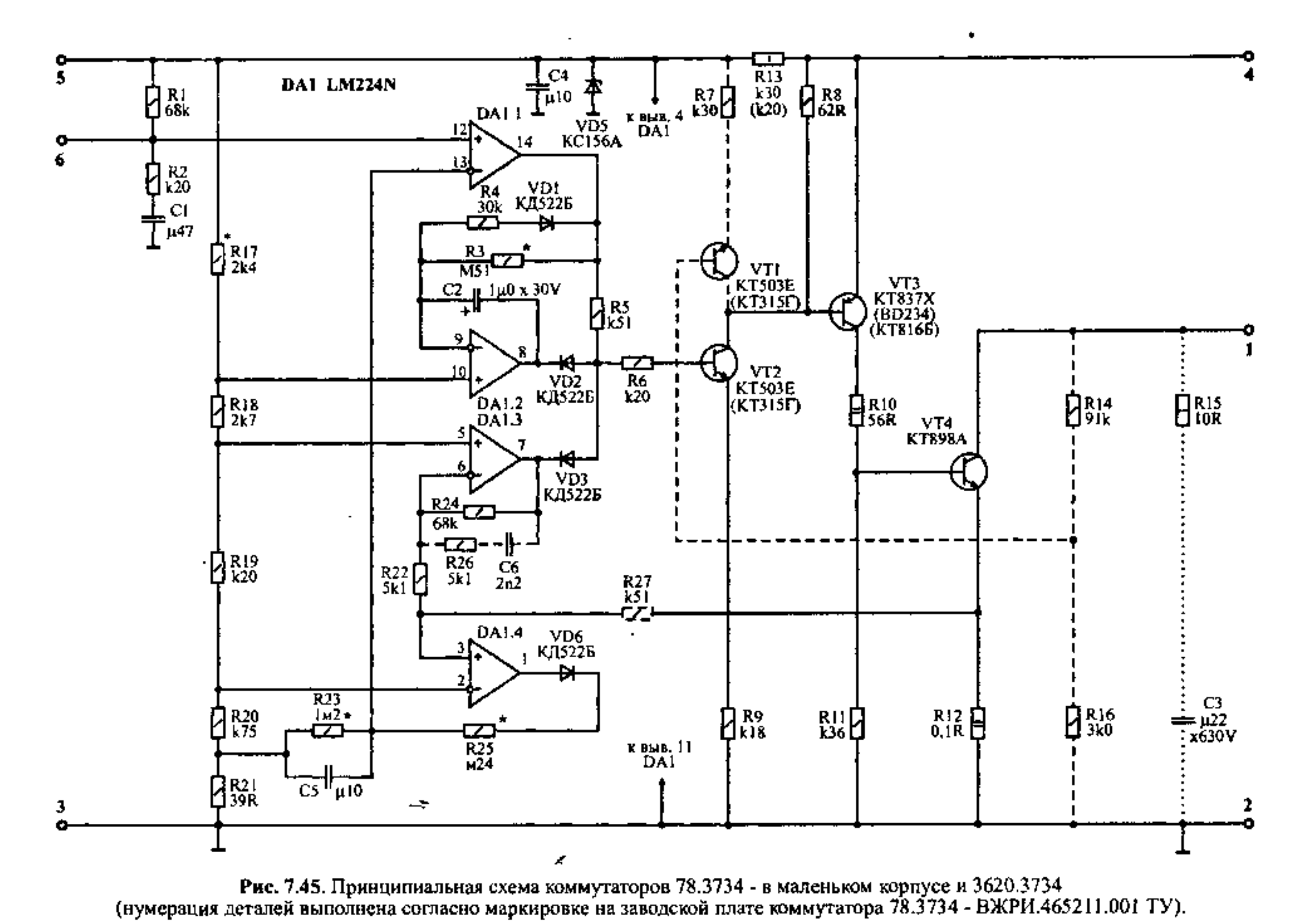
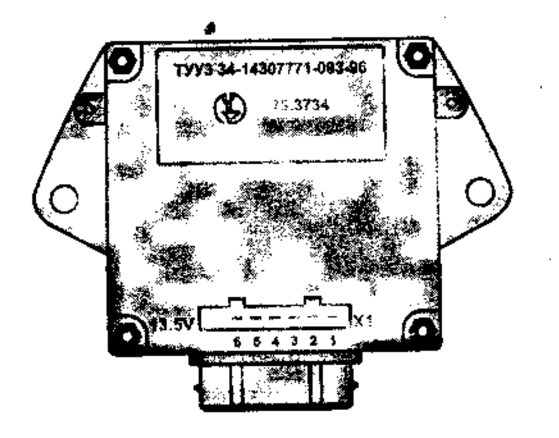


Рис. 7.45. Принципиальная схема коммутаторов 78.3734 - в маленьком корпусе и 3620.3734 (нумерация деталей выполнена согласно маркировке на заводской плате коммутатора 78.3734 - ВЖРИ.465211.001 ТУ).

1



2

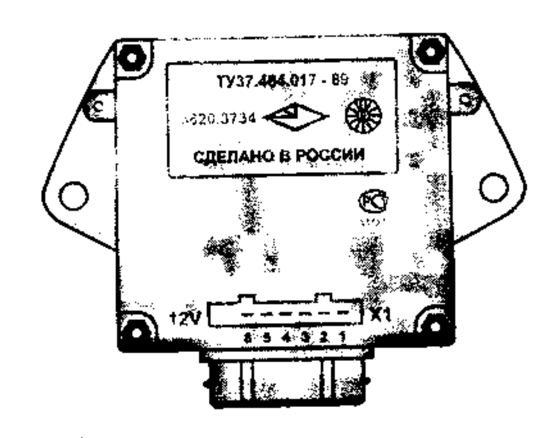
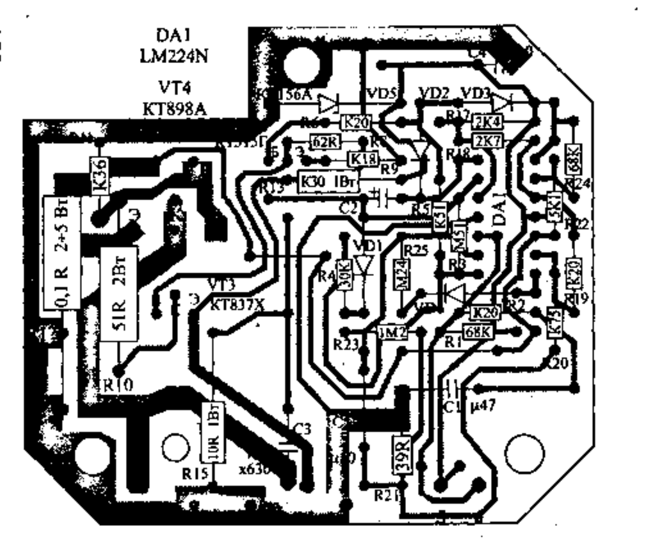


Рис. 7.46. Внешний вид коммутатора:
1 - 78.3734 (ТУУЗ 34-14307771-093-96) в маленьком корпусе;
2 - 3620.3734 - аналог коммутатора 78.3734
(масштаб 1:2).



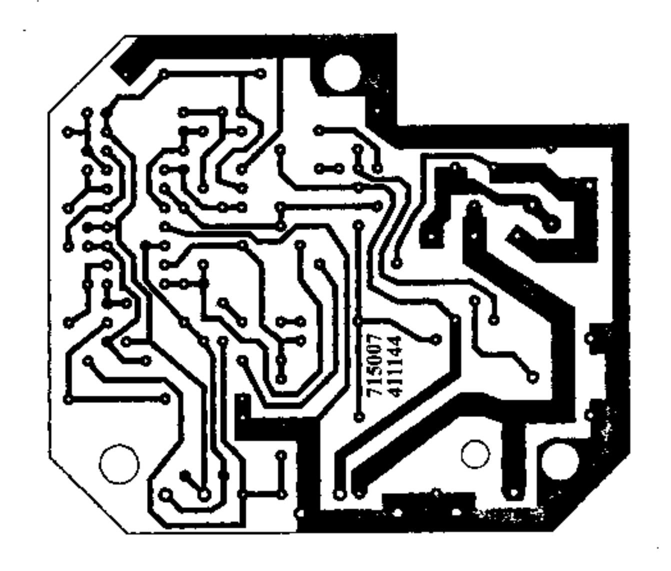
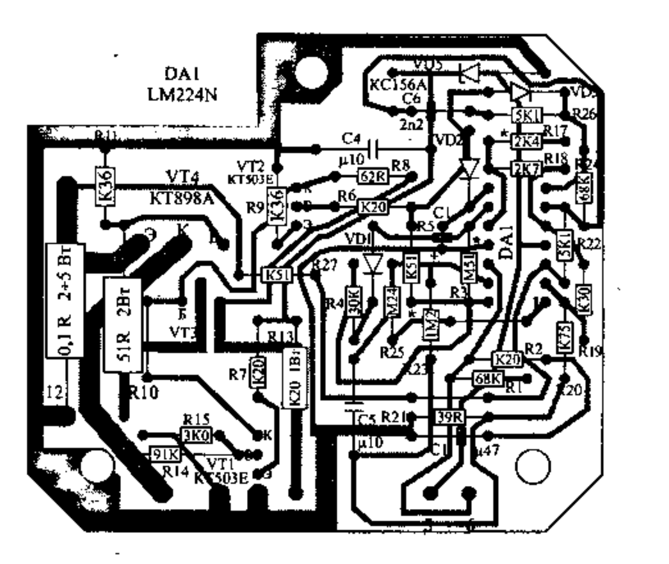


Рис. 7.47. Монтажная плата коммутатора 78.3734 (ТУУ3 34-14307771-093-96) в маленьком корпусе (масштаб 1:1), при замене импортной микросхемы LM224N на отечественную К1401УД2А, ее необходимо монтировать развернув на 180°, цепочка VT1, R7, R14, R16 не используется.



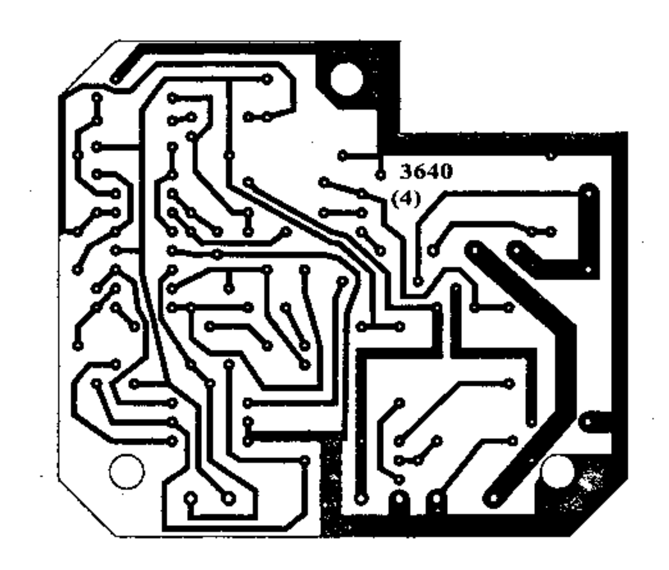


Рис. 7.48. Монтажная плата коммутатора 3640.3734 в маленьком корпусе (масштаб 1:1), при замене импортной микросхемы LM224N на отечественную К1401УД2А, ее необходимо монтировать развернув на 180°, цепочка R15, C3 не используется.

Рис. 7.49. Принципиальная схема коммутатора К•А•Е - вариант 1.

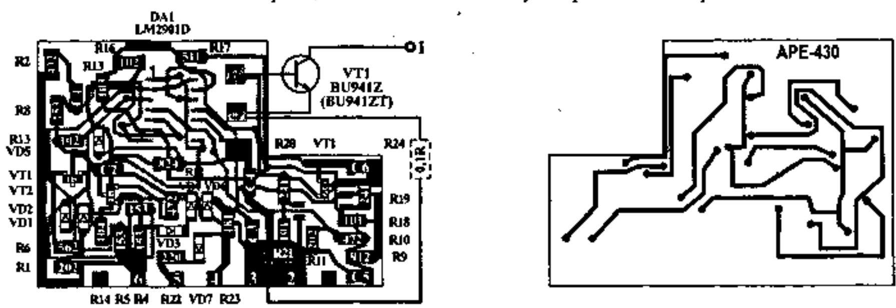


Рис. 7.50. Монтажная плата коммутатора К•А•Е - вариант 1 (масштаб 1:1).

Примечание.

1. Внешний вид коммутатора представлен на рис. 7.105.

2. На рис. 7.51 показан внешний вид, код и цоколевка применяемых в коммутаторе транзисторов, а ниже, их типономинал и основные параметры.

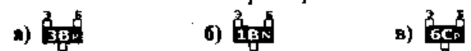
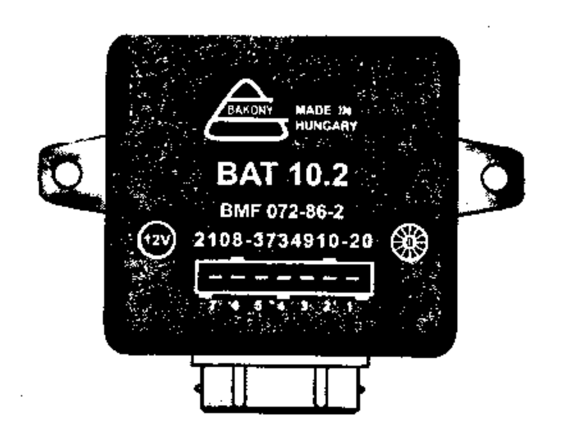


Рис. 7.51. Внешний вид, код и цоколевка транзисторов в корпусе SOT23 (SOD23):
а - 3Bр - BC856B - PNP - U_{CBO} = 80 В; I_C =100 мА; P = 250 мВт; h_{21} = 220 + 475,
б - 1B (8AB) - BC846B - NPN - U_{CBO} = 80 В; I_C =100 мА; P = 300 мВт; h_{21} = 200 ÷ 450,
в - 6Cр - BC871-40 - NPN - U_{CBO} = 45 В; I_C =500 мА; P = 250 мВт; h_{21} = 250 + 600.

1

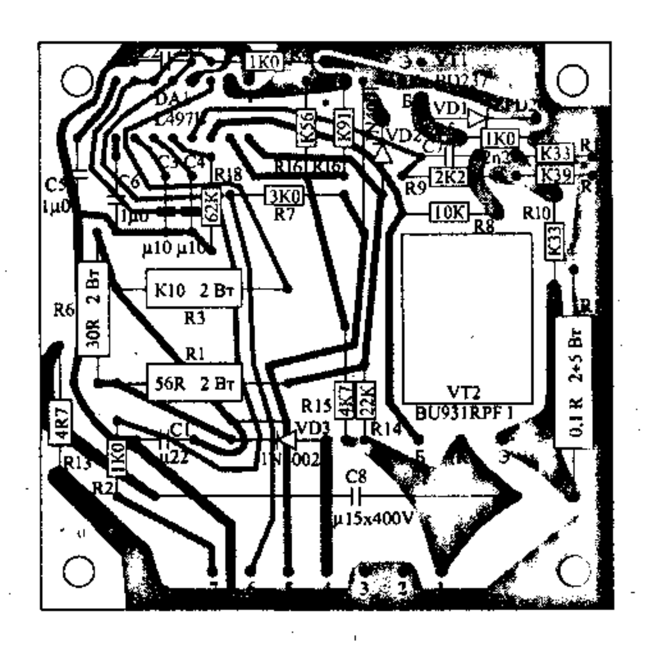


2

Рис. 7.52. Внешний вид коммутатора: 1- 2108-3734910-20; 2- 3620.3734 (масштаб 1:2).

Рис. 7.53. Принципиальная схема коммутатора 2108-3734910-20 (нумерация деталелей выполнена согласно маркировке на заводской плате).

Рис. 7.54. Принципиальная схема коммутатора 3620.3734, семиштырьковый.



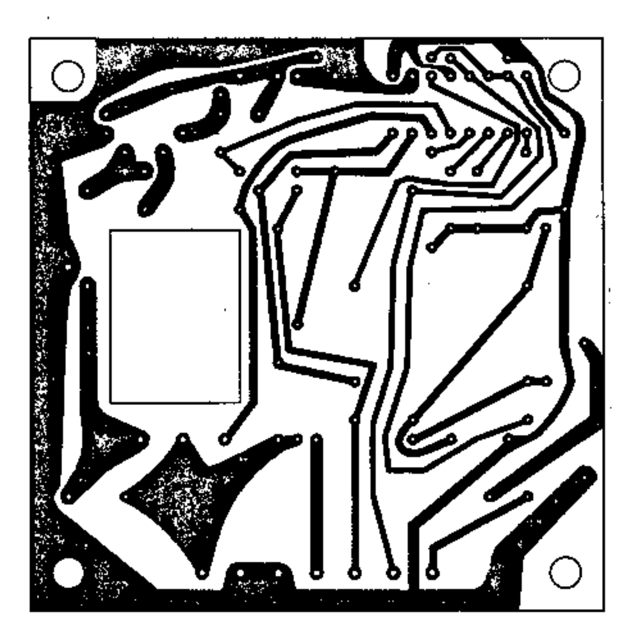


Рис. 7.55. Монтажная плата коммутатора 2108-3734910-20 (масштаб 1:1).

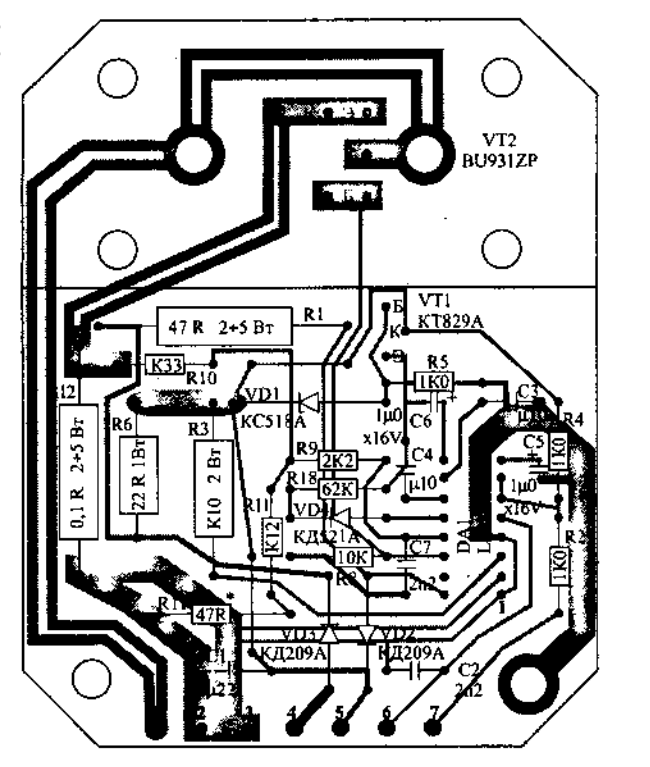


Рис. 7.56. Монтажная плата коммутатора 3620.3734 - ТУ37. 003.1185-83 (ТУ37. 464.017-89 - внешний вид корпуса см. рис. 6.98-1), семиштырьковый,
масштаб 1:1.

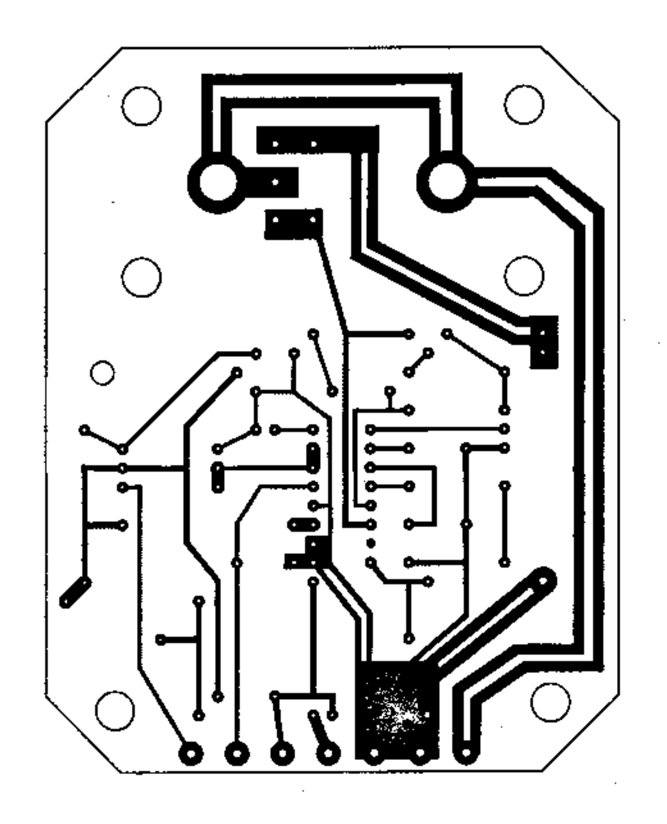


Рис. 7.57. Монтажная плата коммутатора 3620.3734 (ТУ37. 003.1185-83) - в корпусе коммутатора 36.3734, семиштырьковый, масштаб 1:1.

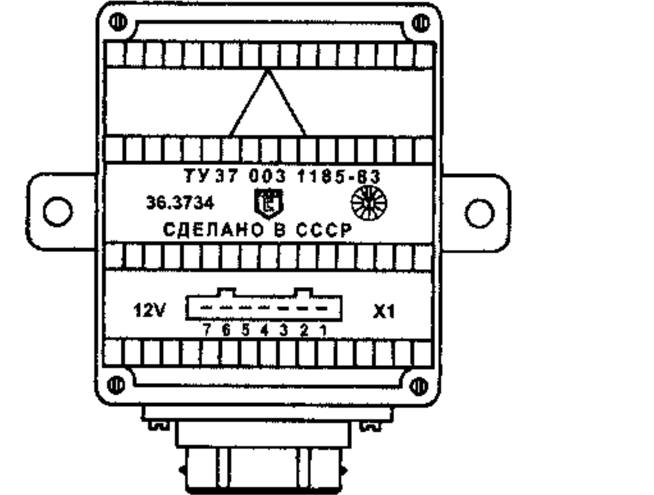


Рис. 7.58. Внешний вид коммутатора 1 - 36 3734 для платы 3620 3734 (ТУ37 003 1185-83), см рис 7 57, 2 - PZE 4020 (масштаб 1 2)

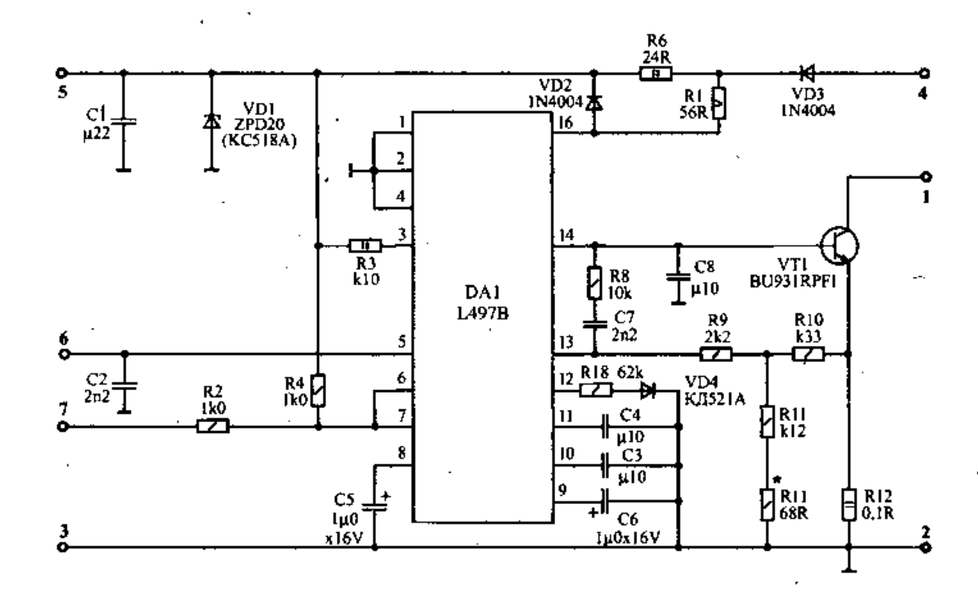


Рис. 7.59. Принципиальная схема коммутатора PZE 4020 (82.484.00.00).

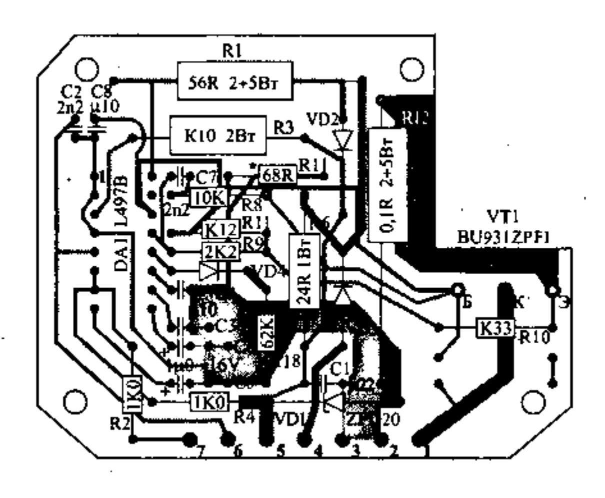


Рис. 7.60. Монтажная плата коммутатора PZE 4020
(масштаб 1:1).

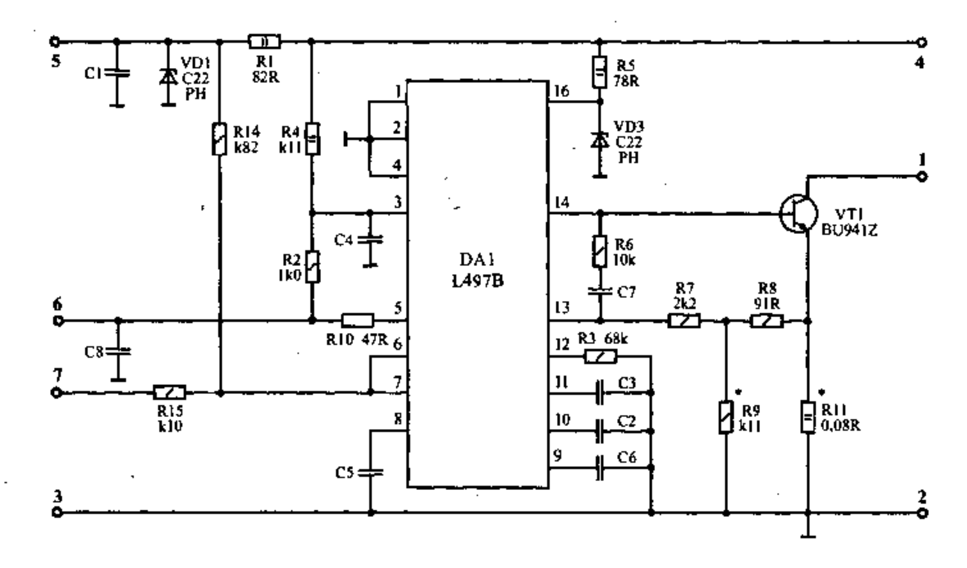


Рис. 7.61. Принципиальная схема коммутатора 0729.3734.

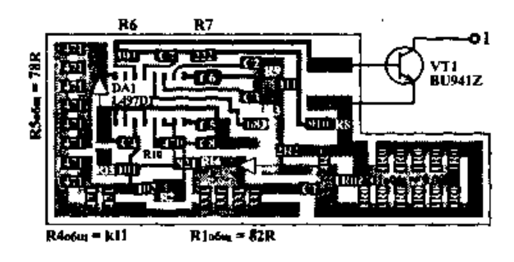


Рис. 7.62. Монтажная плата коммутатора 0729.3734 (масштаб 1:1).

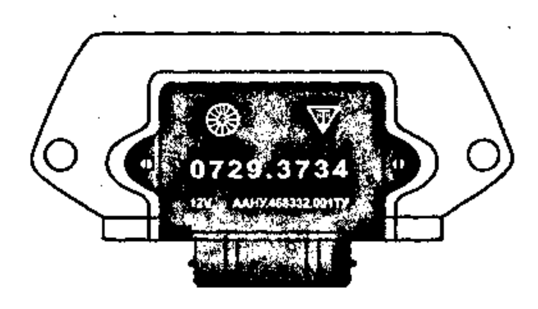
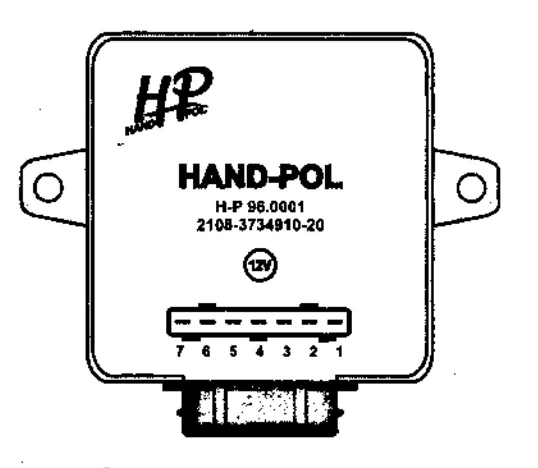


Рис. 7.63. Внешний вид коммутатора 0729.3734 (масштаб 1:2).

1



2

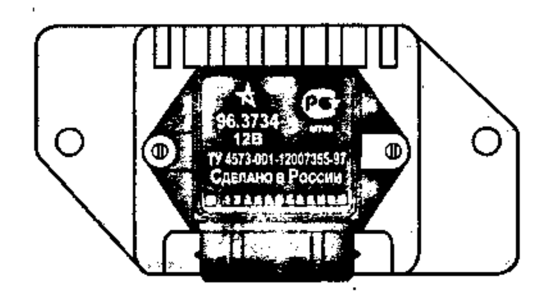


Рис. 7.64. Внешний вид коммутатора: 1 - HAND-POL; 2 - 96.3734 (масштаб 1:2).

Рис. 7.65. Принципиальная схема коммутатора HAND-POL.

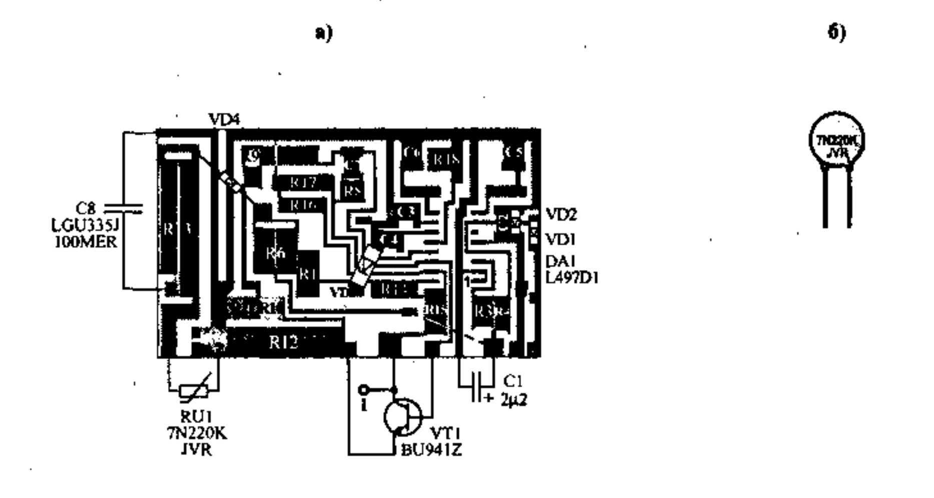


Рис. 7.66. а - монтажная плата коммутатора HAND-POL (масштаб 1:1);
б - внешний вид варистора,
используемого в коммутаторе HAND-POL (масштаб 1:1).

Рис. 7.67. Принципиальная схема коммутатора 96.3734.

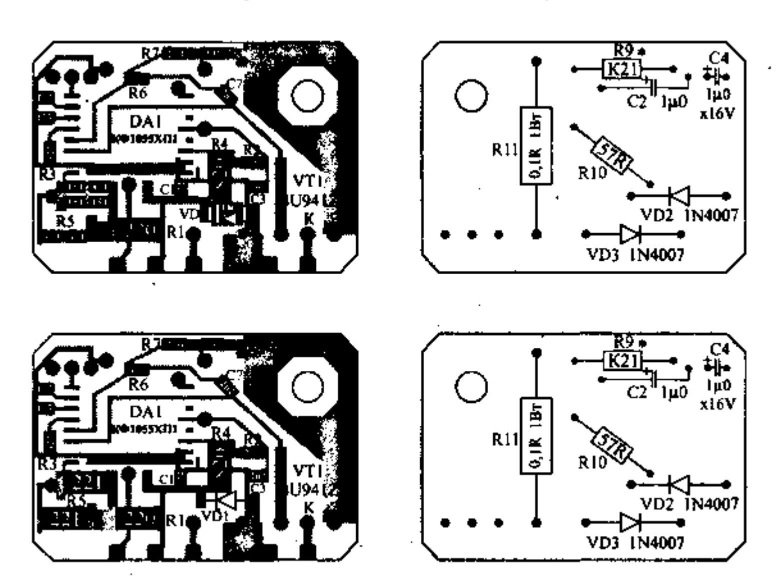


Рис. 7.68. Монтажная плата коммутатора 96.3734
(на рисунке приведены два варианта исполнения с незначительными изменениями)
масштаб 1:1.

Примечание.

Внешний вид микросхемы представлен на рис. 7.72-б и отличается от микросхемы применяемой в коммутаторе К563.3734 - цоколевкой (см. схему на рис. 7.67) и выводы у нее белые.

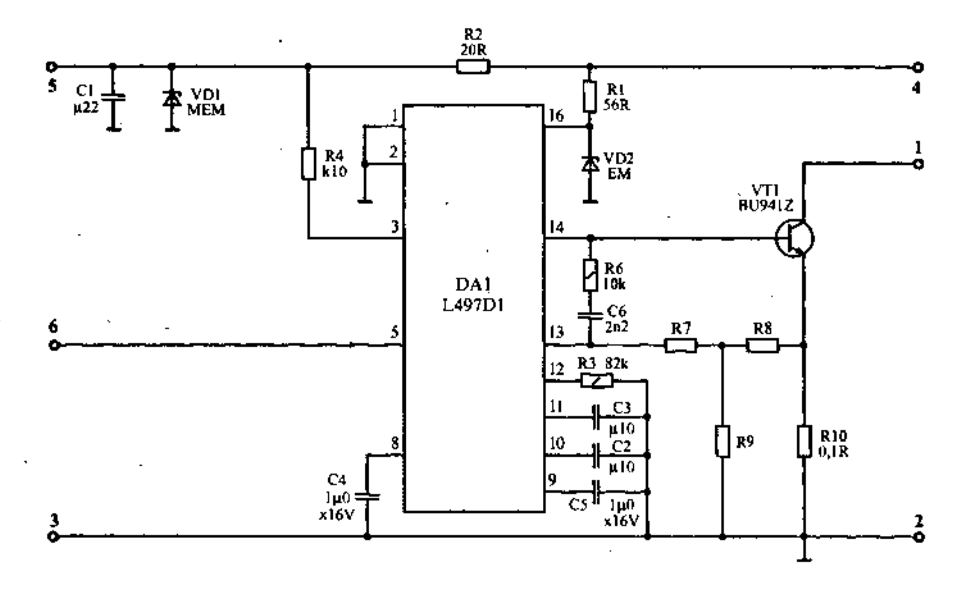


Рис. 7.69. Принципиальная схема коммутатора К563.3734 - вариант 1 (детали на схеме пронумерованы согласно заводской документации).

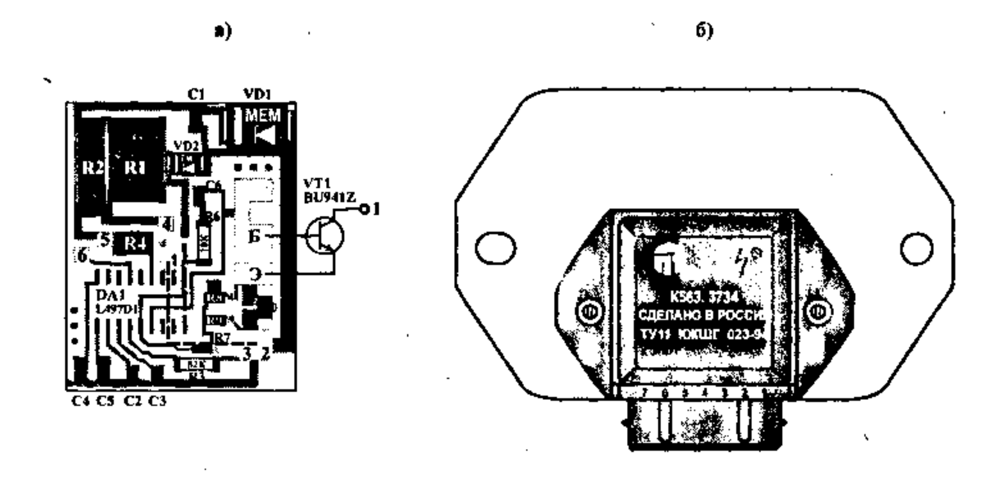


Рис. 7.70. а - монтажная плата коммутатора К563.3734 - вариант 1; б - внешний вид коммутатора К563.3734 - для варианта 1 и 2 (масштаб 1:1).

Рис. 7.71. Принципиальная схема коммутатора К563.3734 - вариант 2 (детали на схеме пронумерованы согласно заводской документации).

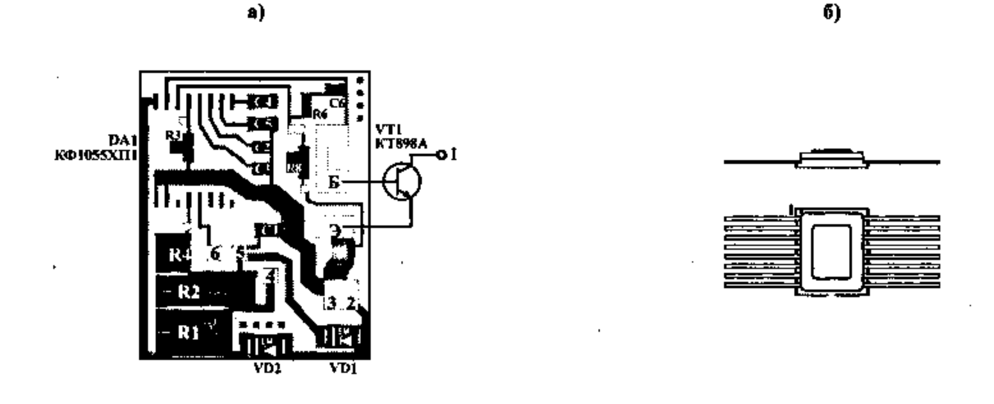


Рис. 7.72. а - монтажная плата коммутатора К563.3734 - вариант 2 (масштаб 1:1);
б - внешний вид микросхемы КФ1055ХП1,
используемой в коммутаторах 96.3734 и К563.3734 (масштаб 1:1).

Примечание.

Микросхема представленная на рис. 7.72-б отличается от микросхемы применяемой в коммутаторе 96.3734 - цоколевкой (см. схему на рис. 7.71) и выводы у нее желтого цвета.

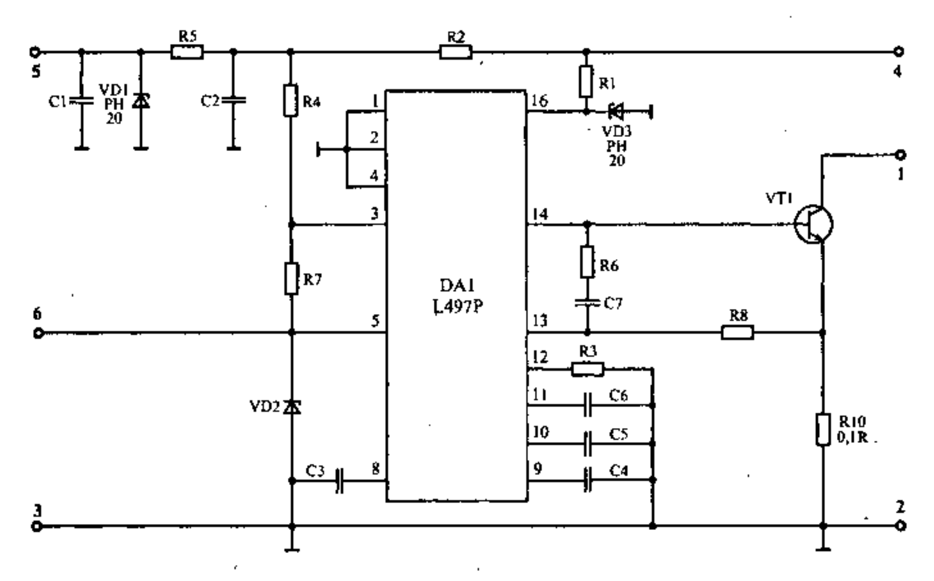


Рис. 7.73. Принципиальная схема коммутатора MTR-01.

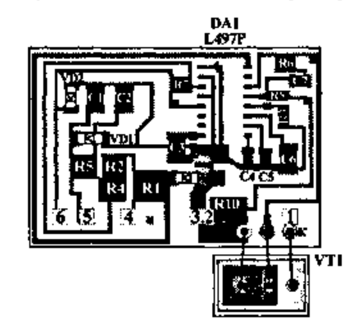


Рис. 7.74. Монтажная плата коммутатора MTR-01 (масштаб 1:1).

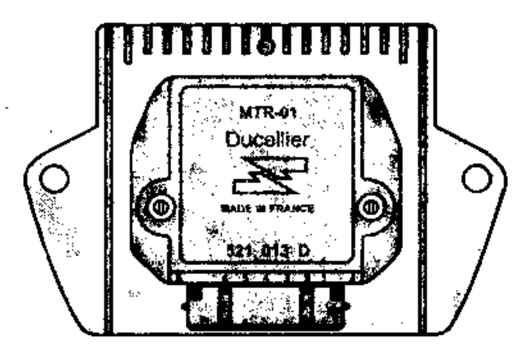


Рис. 7.75. Внешний вид коммутатора MTR-01 (масштаб 1:2).

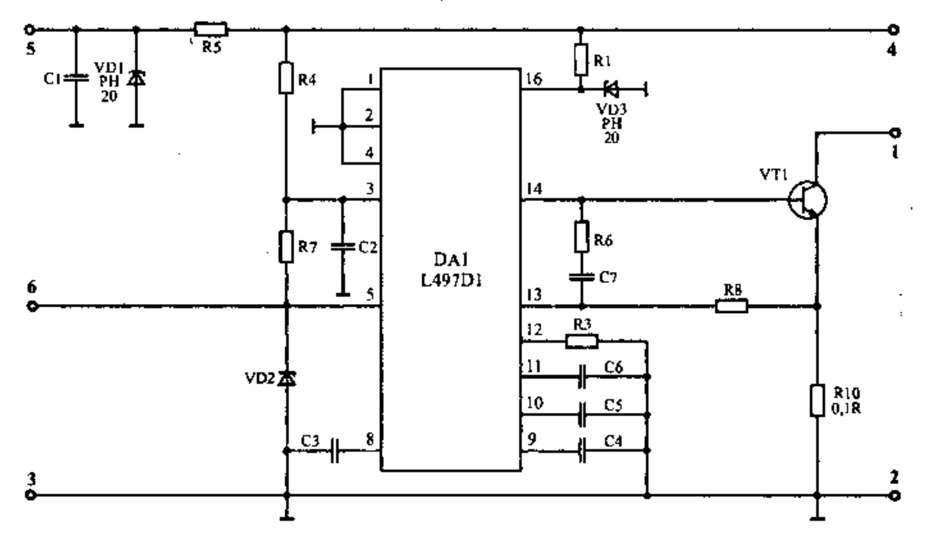


Рис. 7.76. Принципиальная схема коммутатора 76.3734 - вариант 1.

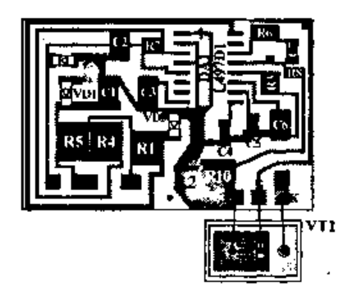


Рис. 7.77. Монтажная плата коммутатора 76.3734 - вариант 1 (масштаб 1:1).

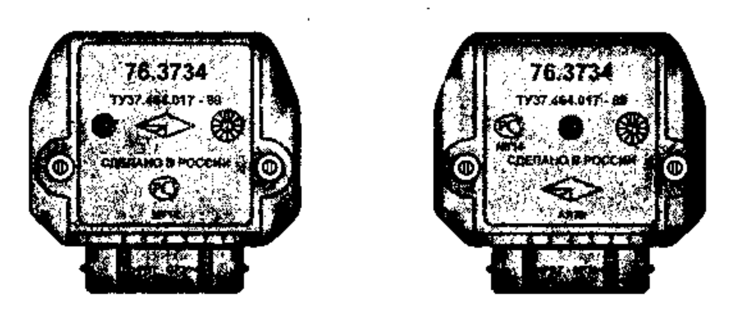


Рис. 7.78. Два варианта внешнего вида коммутатора 76.3734 (без радиатора) - для монтажной платы варианта 1,
(радиатор такой же как у коммутатора MTR-01, см. рис. 7.75)
масштаб 1:2.

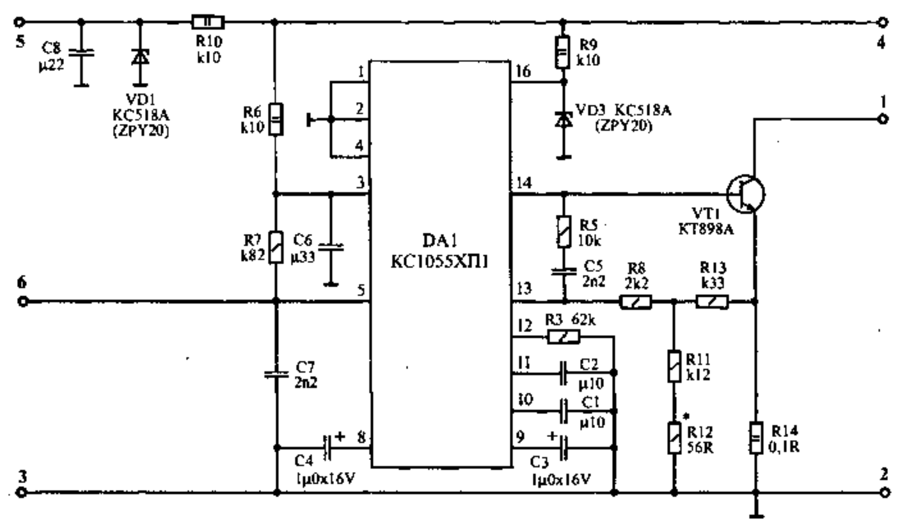


Рис. 7.79. Принципиальная схема коммутатора 76.3734
(детали на схеме пронумерованы согласно маркировке на плате).

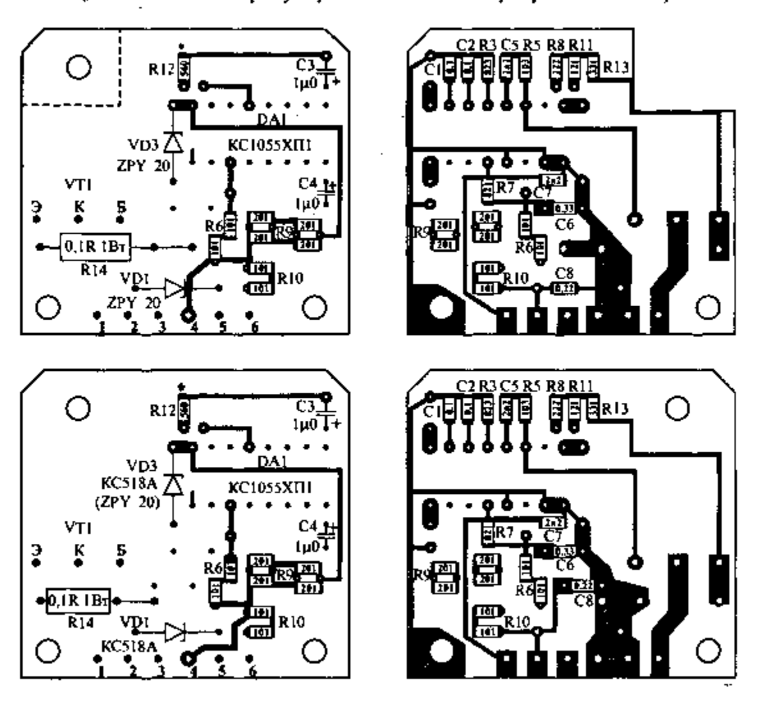
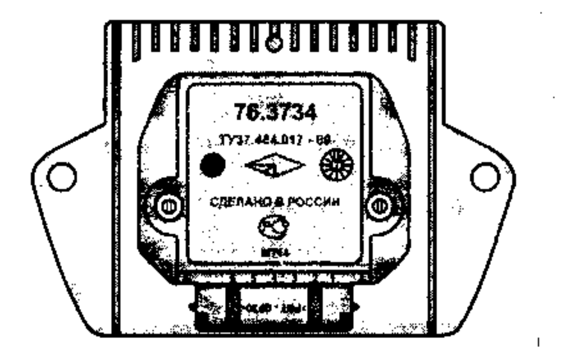


Рис. 7.80. Монтажная плата коммутатора 76.3734 - масштаб 1:1
(на рисунке приведены два варианта исполнения с незначительными отличиями).

1



2

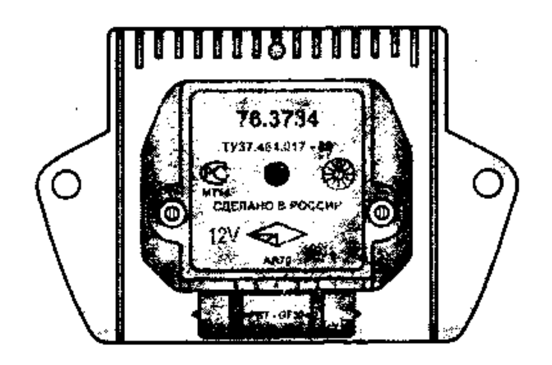
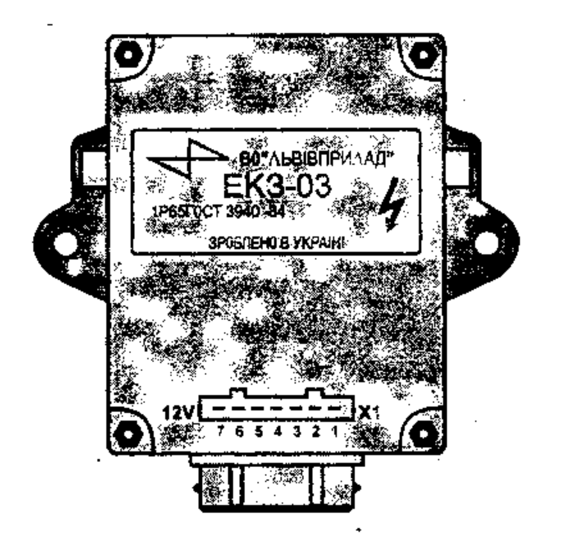


Рис. 7.81. Два варианта внешнего вида коммутатора 76.3734 - для монтажных плат варианта 2и 3 (масштаб 1:2).

1



2

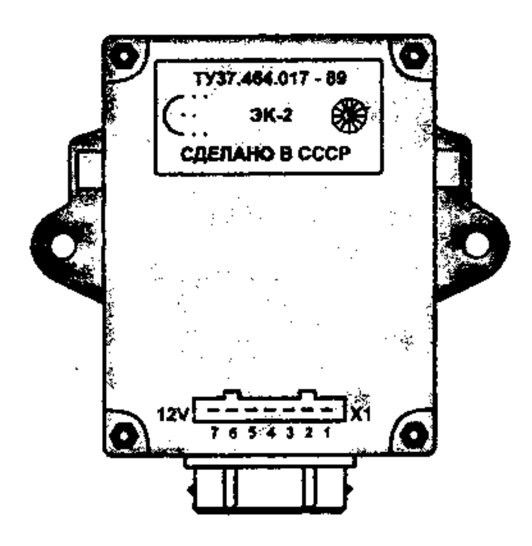


Рис. 7.82. Внешний вид коммутатора: 1- ЕКЗ-03; 2 - ЭК-2 (масштаб 1:2).

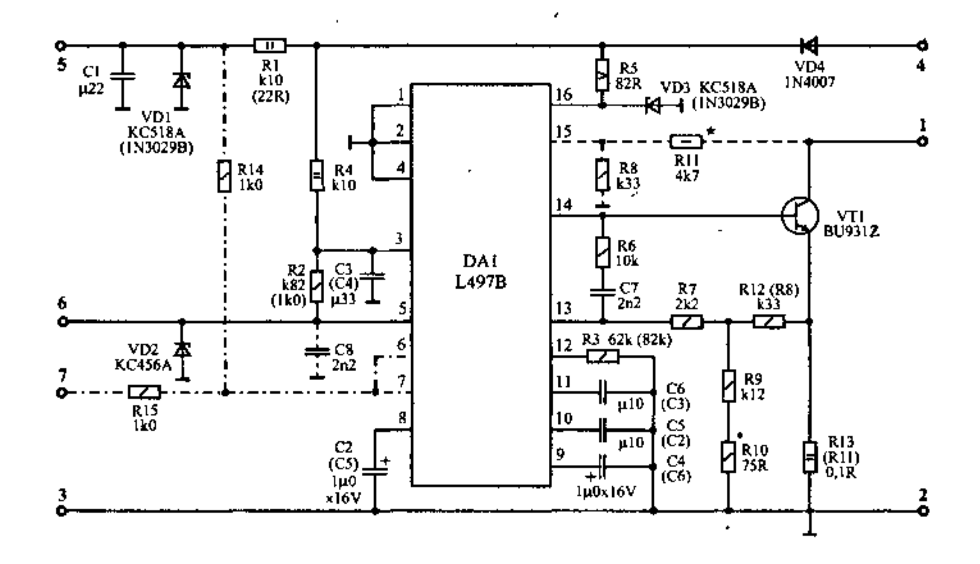


Рис. 7.83. Принципиальная схема коммутаторов 3620.3734, 3640.3734, 95.3734, 036.3734, ЕКЗ-03, ЭК-2, ФМ3001, MTR-01.

Примечания:

1. Детали на схеме пронумерованы согласно маркировке на плате коммутатора ЕКЗ-03 (см. рис. 7.84) и 3620.3734 (рис. 7.88), для других коммутаторов несовпадающая нумерация приведена в скобках.
2. R8, R11 - используются в коммутаторе ЕКЗ-03 (рис. 7.84).
3. R14, R15 - используются в коммутаторе 3620.3734 (рис. 7.88).
4. С8, (вместо VD2) - используются в коммутаторах 3620.3734, 3640.3734 (рис. 7.92 ÷ 7.94).
5. С8, VD4 - используются в коммутаторе 95.3734 (рис. 7.96 и 7.97).
6. С8, R8, R11 - используются в коммутаторе 3640.3734 (рис. 7.90).
7. С8, R8, R11, VD4 - используются в коммутаторе 036.3734 (рис. 7.102).

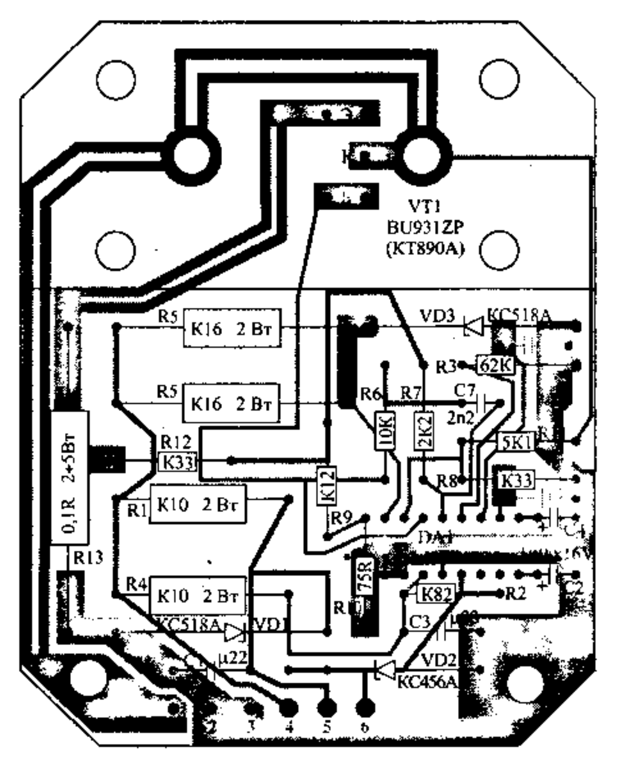


Рис. 7.84. Монтажная плата коммутатора ЕК3 - 03 (масштаб 1:1).

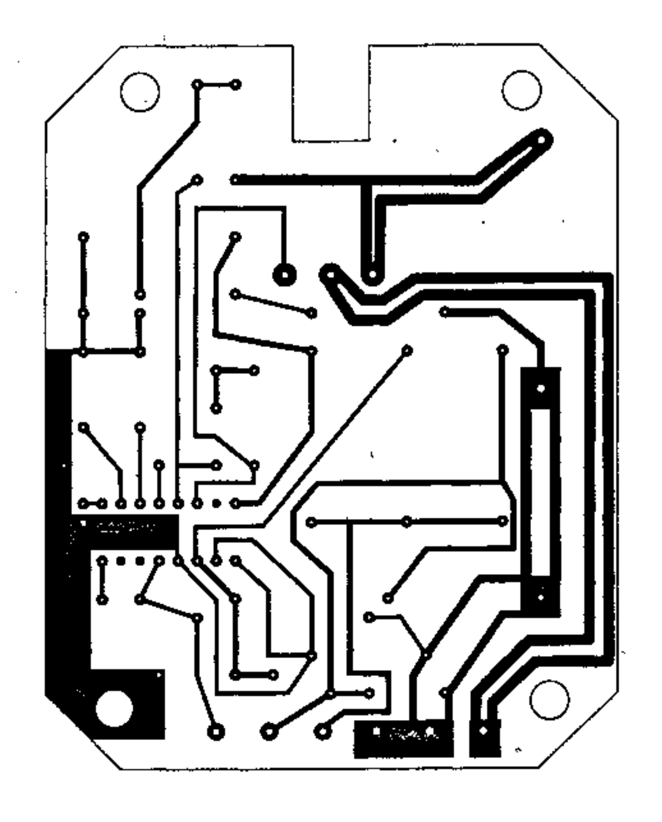


Рис. 7.85. Монтажная плата коммутатора ЭК-2, ЭК-2.2 (нумерация по скобкам), масштаб 1:1.

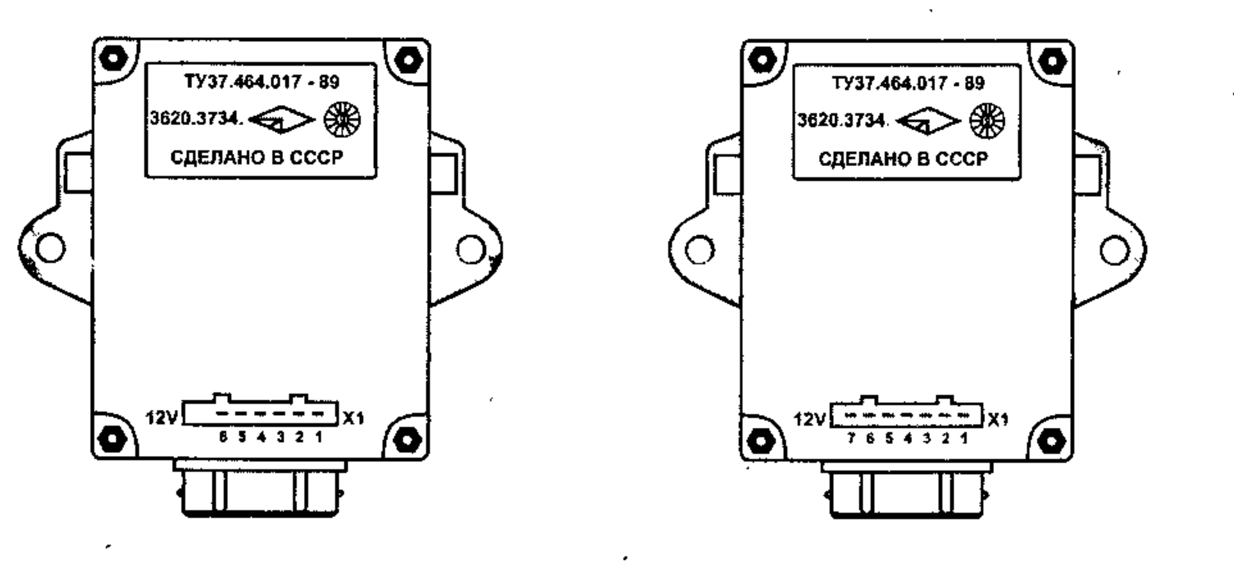
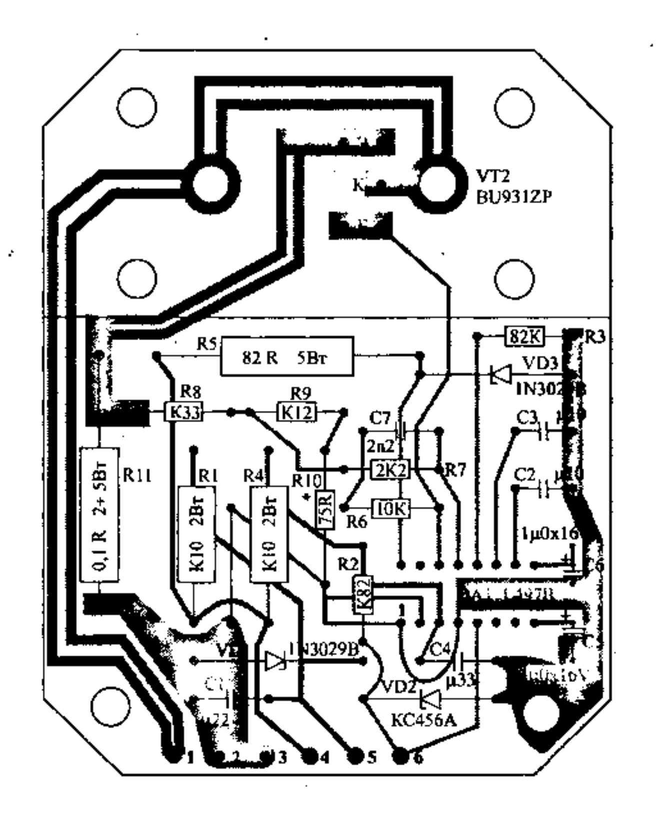


Рис. 7.86. Внешний вид коммутатора 3620.3734 (ТУ37. 464.017-89):
1 - шестиштырьковый; 2 - семиштырьковый
(масштаб 1:2).



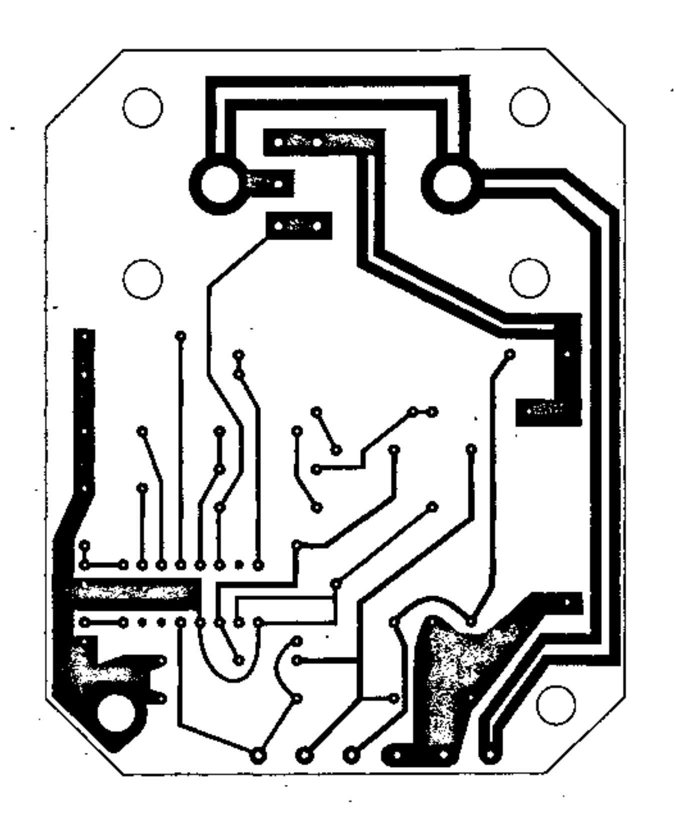
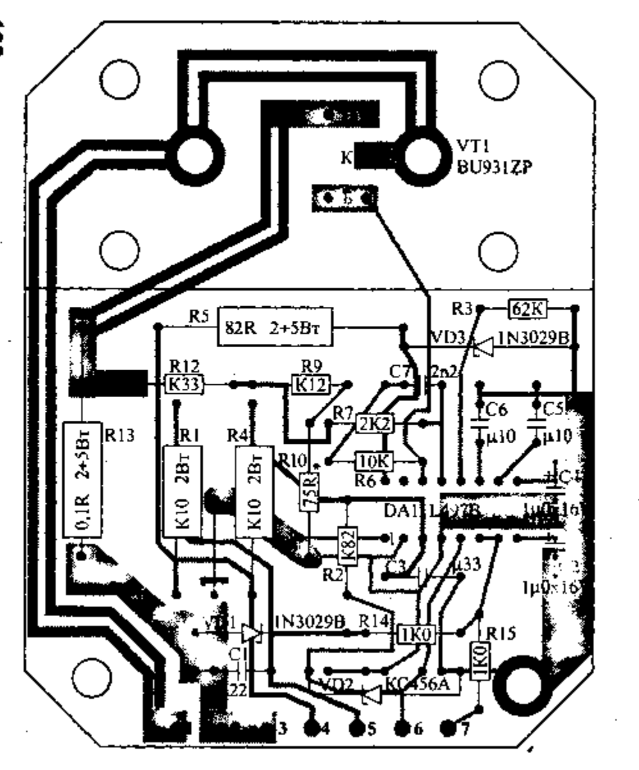


Рис. 7.87. Монтажная плата коммутатора 3620.3734 (ТУ37. 464.017-89), шестиштырьковый (нумерация по скобкам), масштаб 1:1.



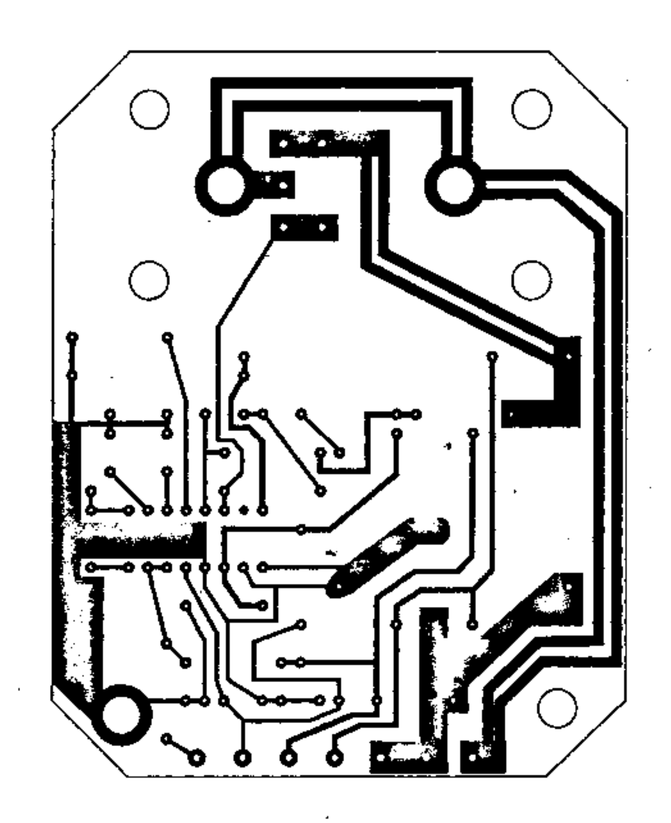
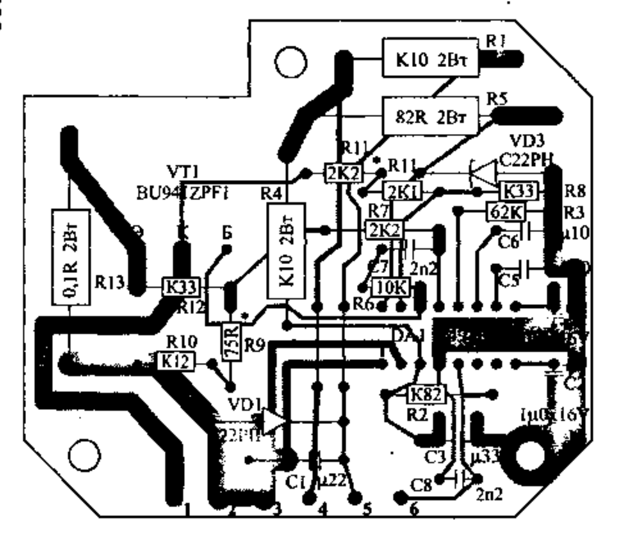


Рис. 7.88. Монтажная плата коммутатора 3620.3734 (ТУ37. 464.017-89), семиштырьковый (масштаб 1:1).

Рис. 7.89. Внешний вид коммутатора 3640 3734
1 - ТУ37 464 077-89, 2 - ТУ37 464 023-91
(масштаб 1 2).



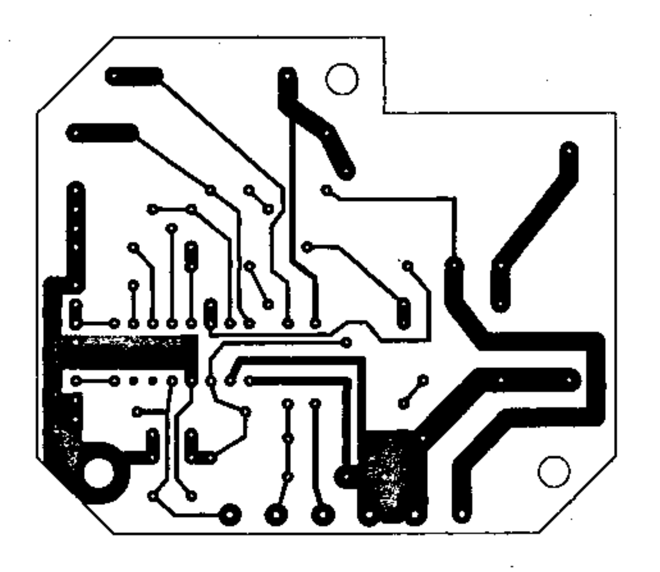


Рис. 7.90. Монтажная плата коммутатора 3640.3734 (ТУ37. 464.077-89), шестиштырьковый (масштаб 1:1).

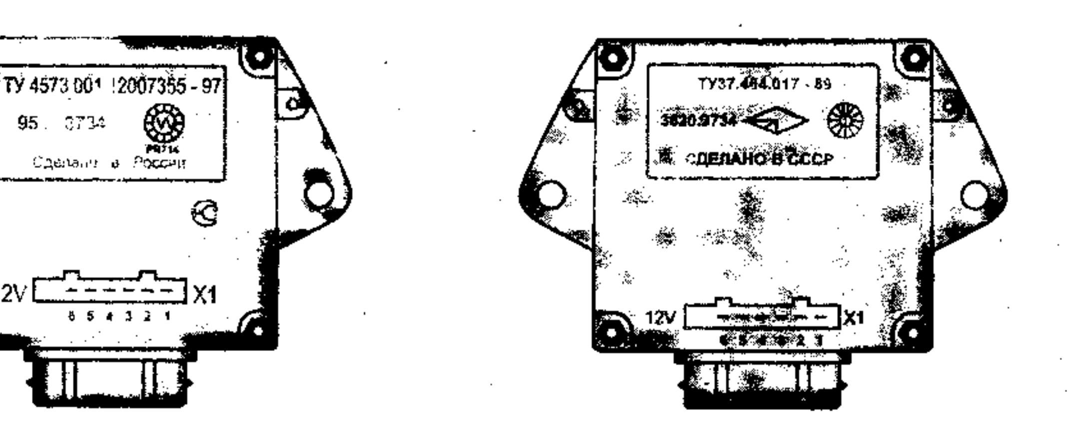
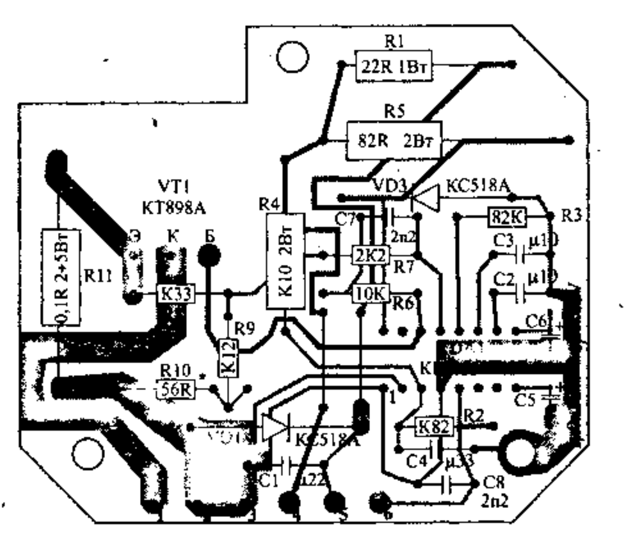


Рис. 7.91. Внешний вид коммутатора:
1- 95.3734 с платой 3640.3734 (ТУ37. 464.023-91);
2 - 3620.3734 (ТУ37. 464.017-89)
(масштаб 1:2).



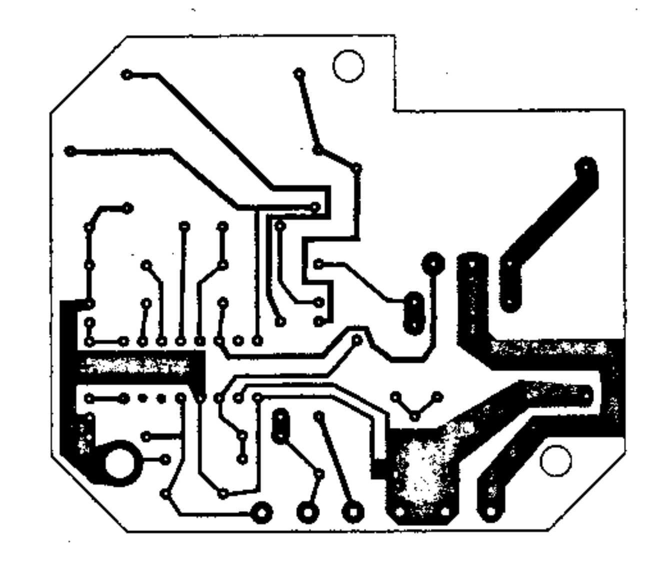
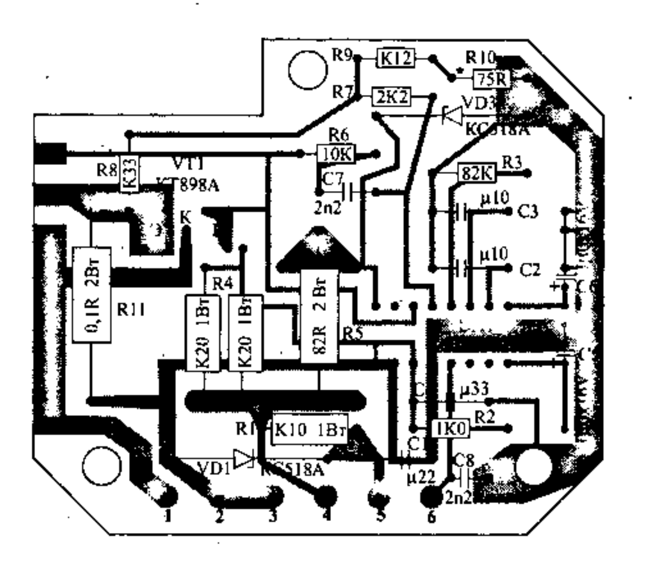


Рис. 7.92. Монтажная плата коммутатора 3640.3734 (ТУ37. 464.023-91) и 3620.3734 (ТУ37. 464.017-89), шестиштырьковый (нумерация по скобкам), масштаб 1:1.



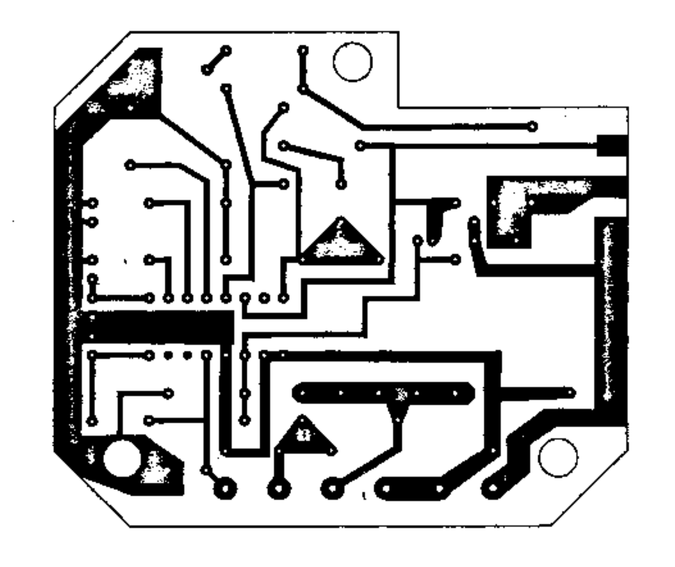
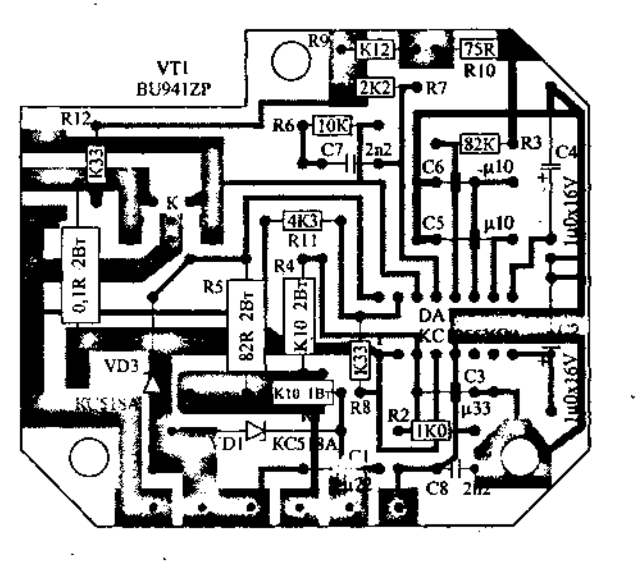


Рис. 7.93. Монтажная плата коммутатора 3620.3734 (ТУ37. 464.017-89) - плохой вариант исполнения, шестиштырьковый (нумерация по скобкам), масштаб 1:1.



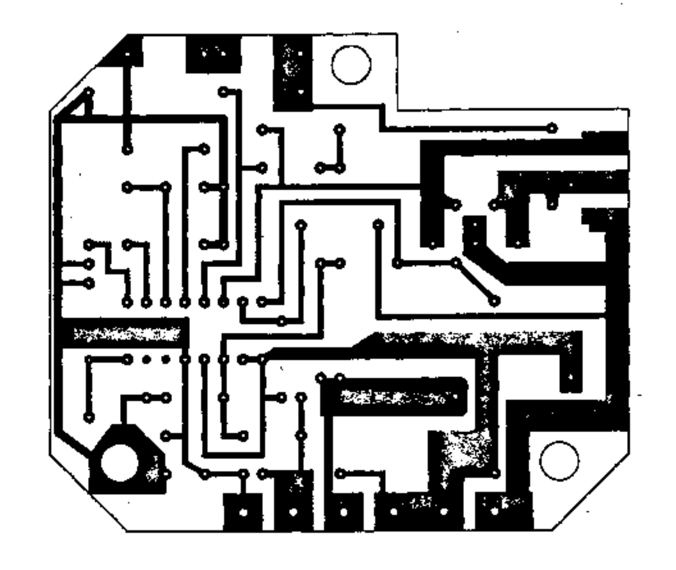
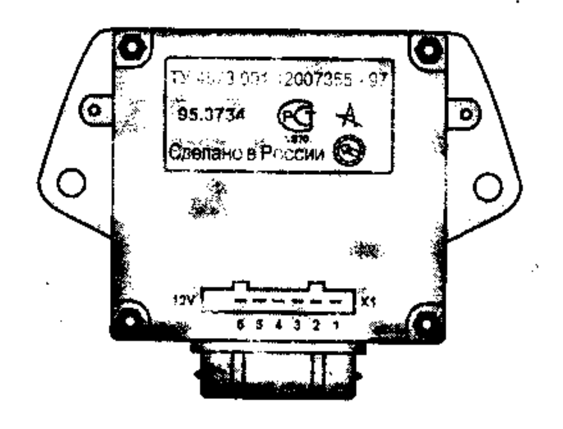


Рис. 7.94. Монтажная плата коммутатора 3620.3734 (ТУ37. 464.017-89) - наихудший вариант исполнения, шестиштырьковый (масштаб 1:1).

1



2

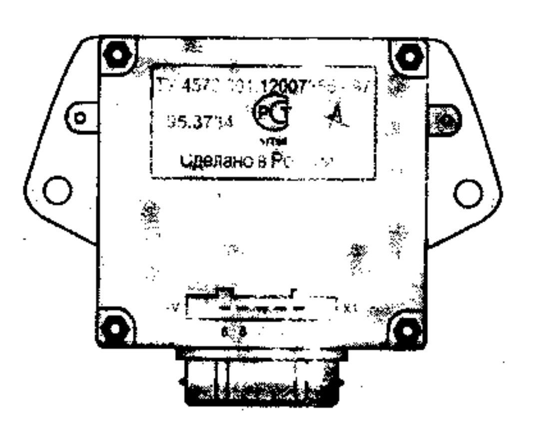
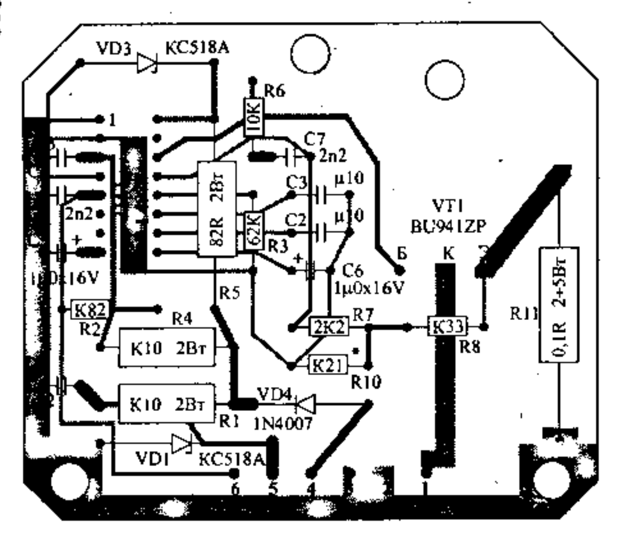


Рис. 7.95. Внешний вид коммутатора 95.3734 (ТУ 4573.001.12007355 - 97):
1 - для платы показанной на рис. 7.99; 2 - для платы показанной на рис. 7.100 (масштаб 1:2).



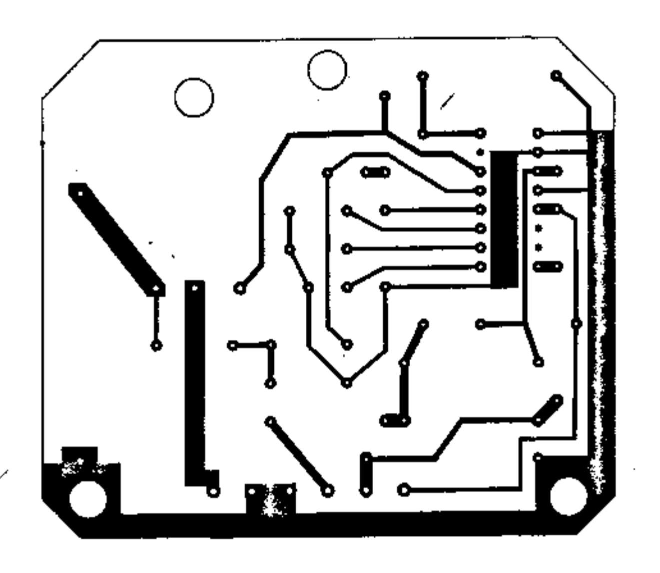
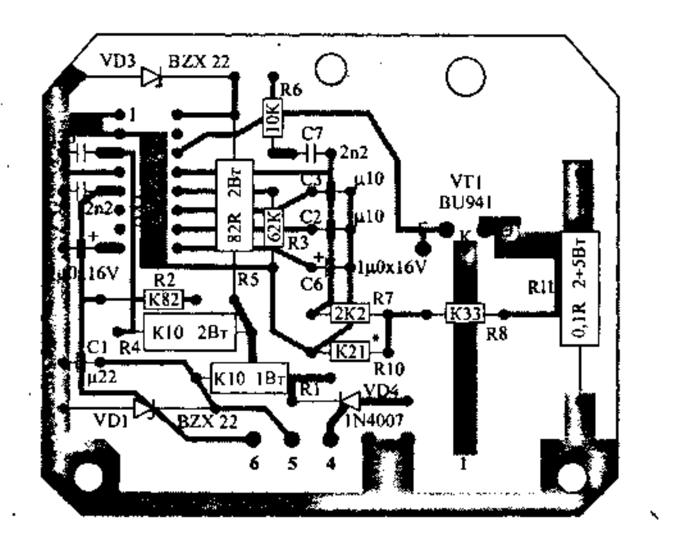


Рис. 7.96. Монтажная плата коммутатора 95.3734 (ТУ 4573.001.12007355 - 97), шестиштырьковый (масштаб 1:1).



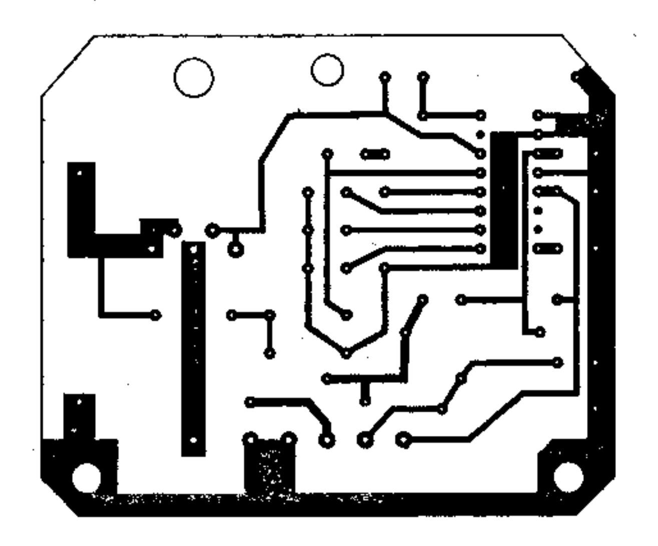


Рис. 7.97. Монтажная плата коммутатора 95.3734 (ТУ 4573.001.12007355 - 97) - худший вариант исполнения, шестиштырьковый (масштаб 1:1).

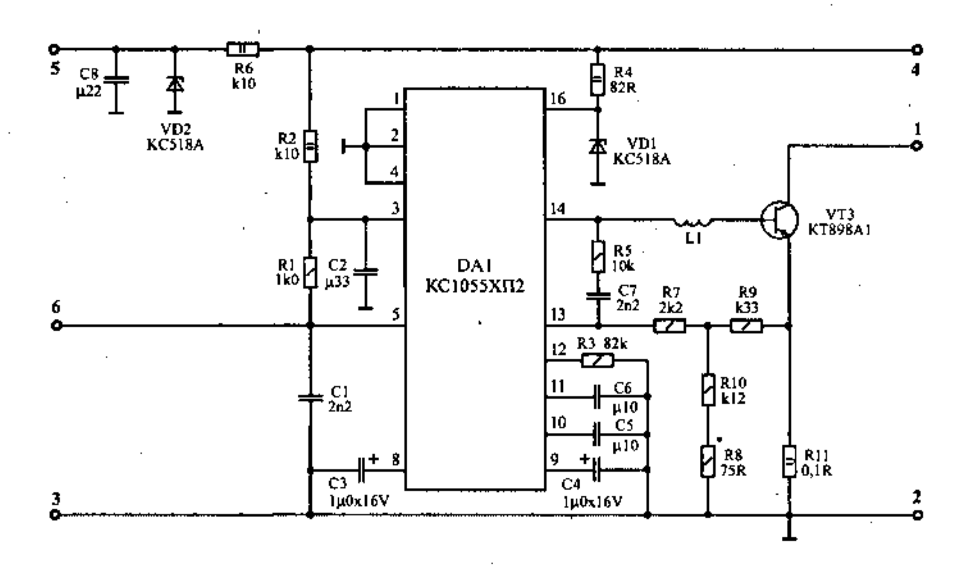


Рис. 7.98. Принципиальная схема коммутатора 3620.3734 (СЖАР.468332.019 ТУ), детали на схеме пронумерованы согласно маркировке на плате.

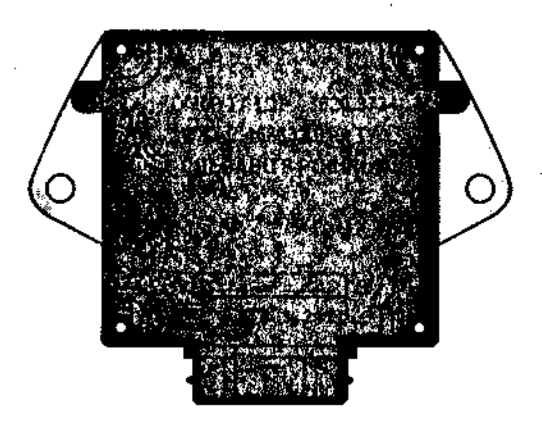
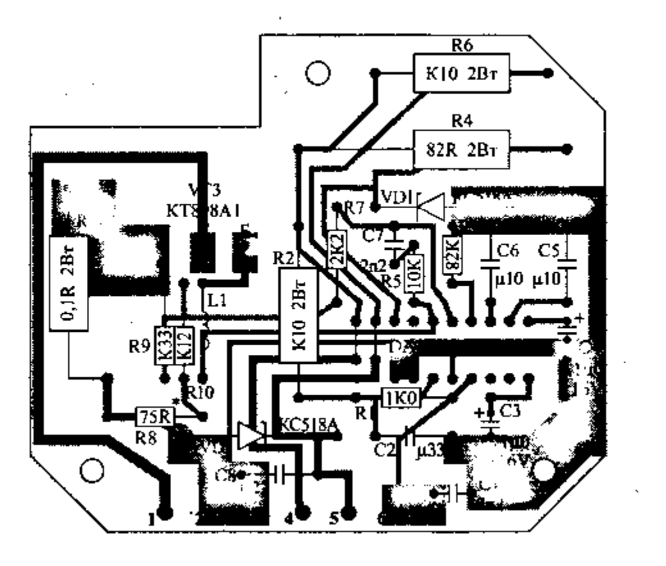


Рис. 7.99. Внешний вид коммутатора 3620.3734 (масштаб 1:2).



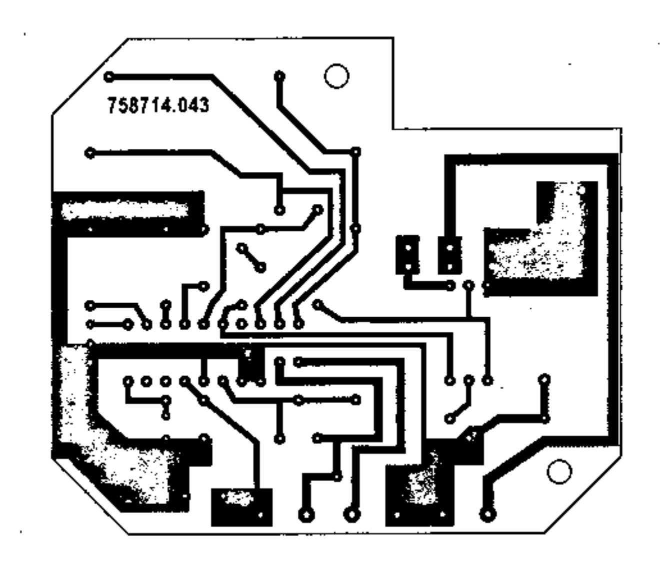


Рис. 7.100. Монтажная плата коммутатора 3620.3734 (СЖАР 468332.019 ТУ) - плохой вариант исполнения, шестиштырьковый
(масштаб 1:1).

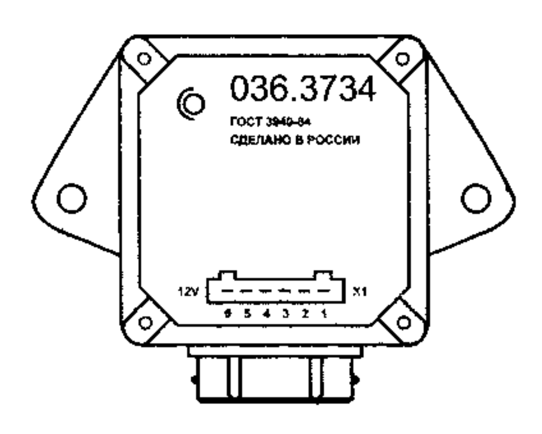


Рис. 7.101. Внешний вид коммутатора 036.3734 (ГОСТ 3940-84), шестиштырьковый (масштаб 1:2).

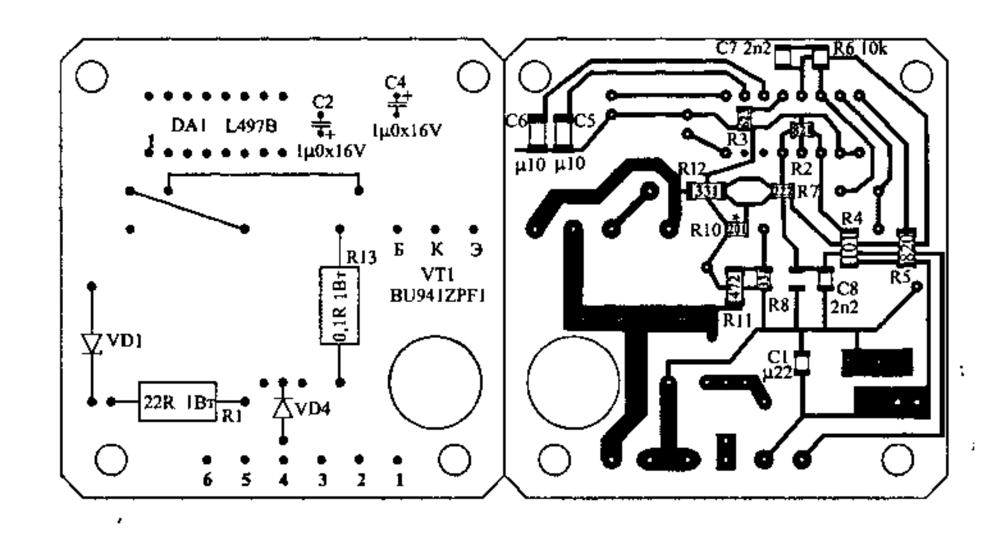


Рис. 7.102. Монтажная плата коммутатора 036.3734 (ГОСТ 3940-84), шестиштырьковый (масштаб 1:1).

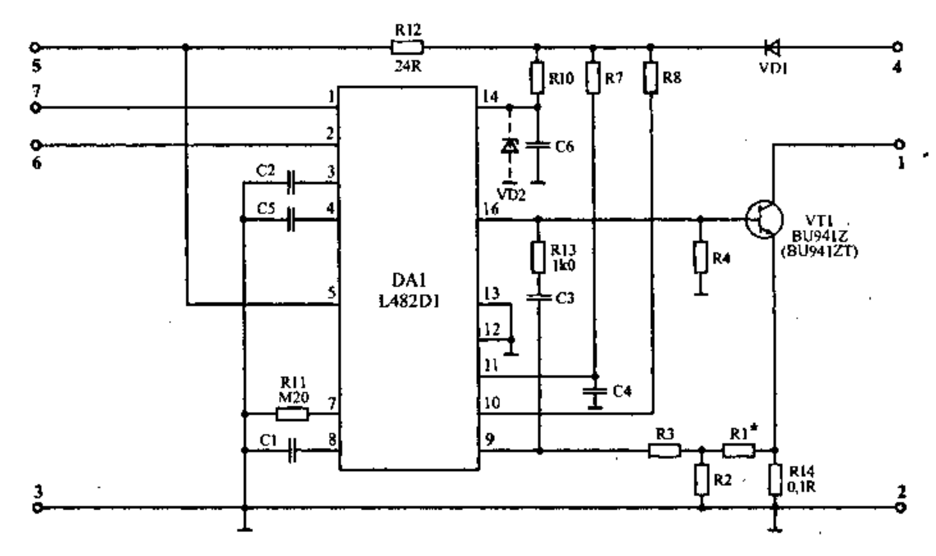


Рис. 7.103. Принципиальная схема коммутатора К•А•Е - вариант 2.

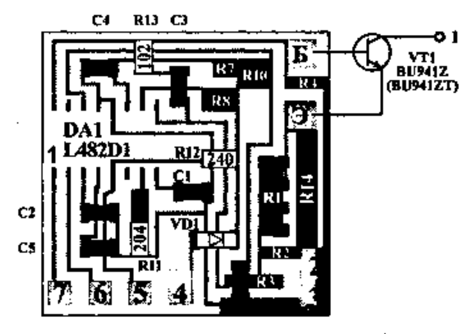


Рис. 7.104. Монтажная плата коммутатора К•А•Е - вариант 2 (масштаб 1,5:1).

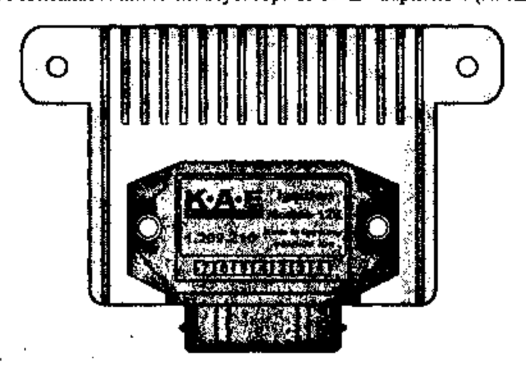


Рис. 7.105. Внешний вид коммутатора К•А•Е (масштаб 1:2).

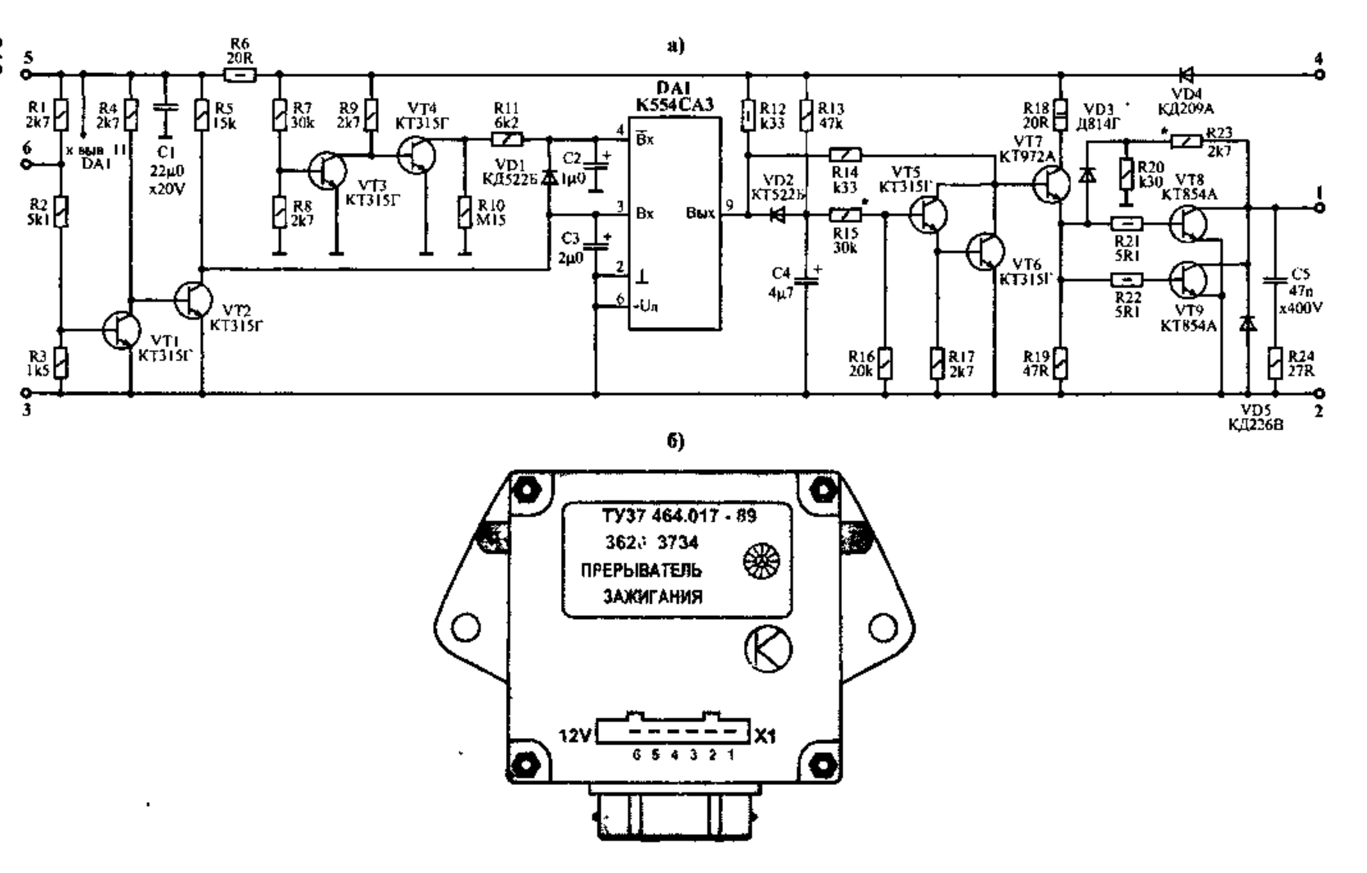
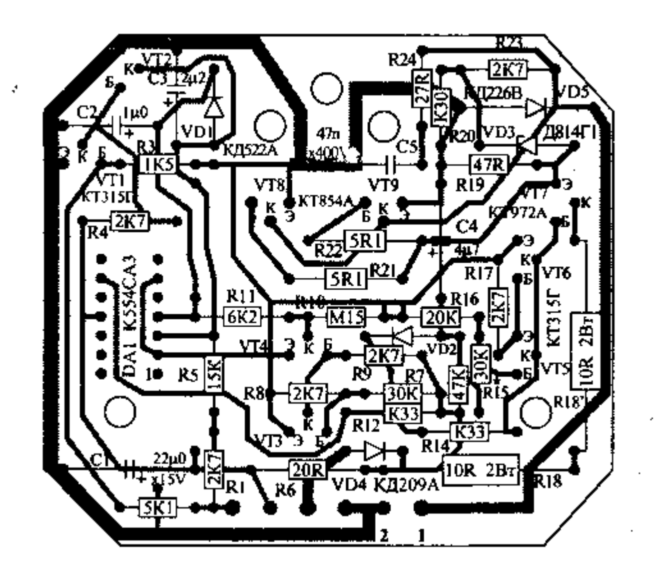


Рис. 7.106. Коммутатор 3620.3734 - ПРЕРЫВАТЕЛЬ ЗАЖИГАНИЯ (на микросхеме К554СА3А.)
а - принципиальная схема; б - внешний вид (масштаб 1:2)



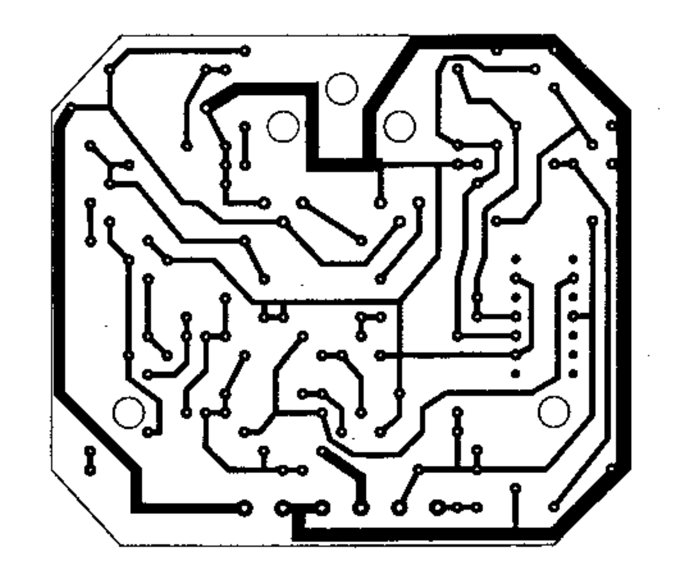


Рис. 7.107. Монтажная плата коммутатора 3620.3734 - ПРЕРЫВАТЕЛЬ ЗАЖИГАНИЯ (масштаб 1:1), наихудший вариант исполнения.

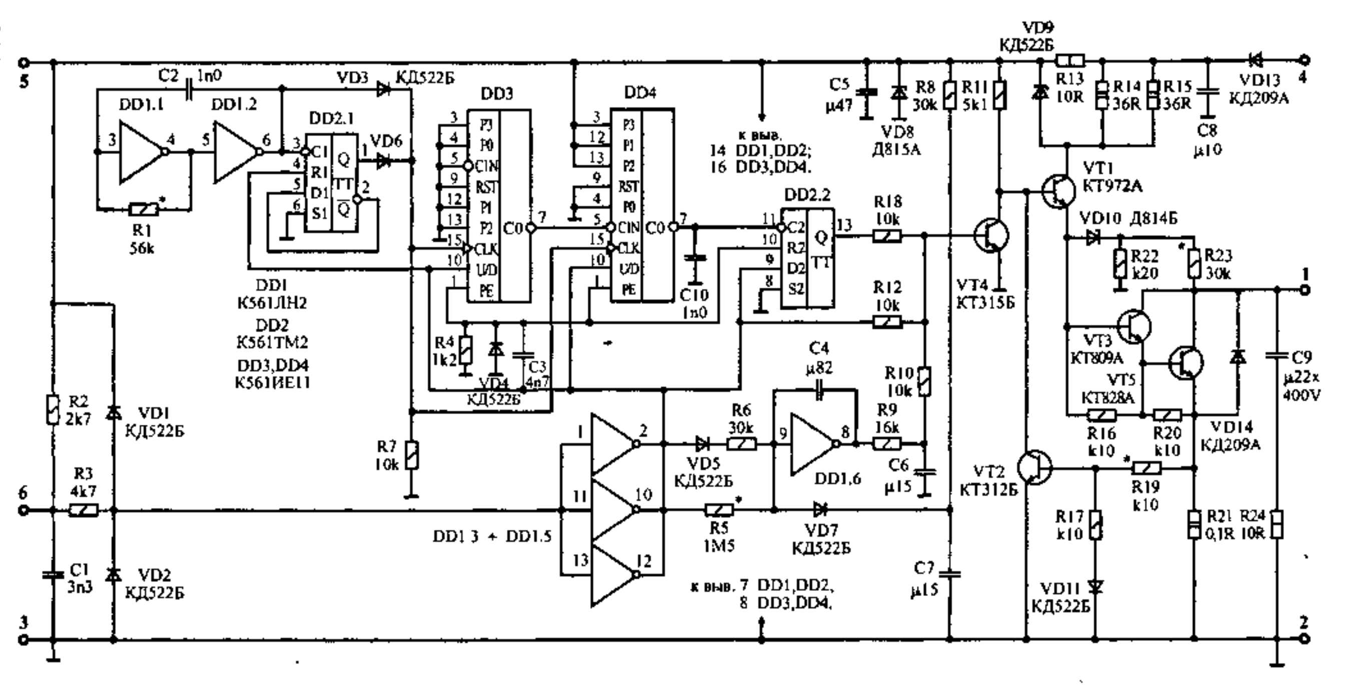


Рис. 7.108. Принципиальная схема коммутатора ЭКЗ-01 (ТО 25-7606.029-90), нумерация деталей выполнена согласно маркировке на заводской плате.

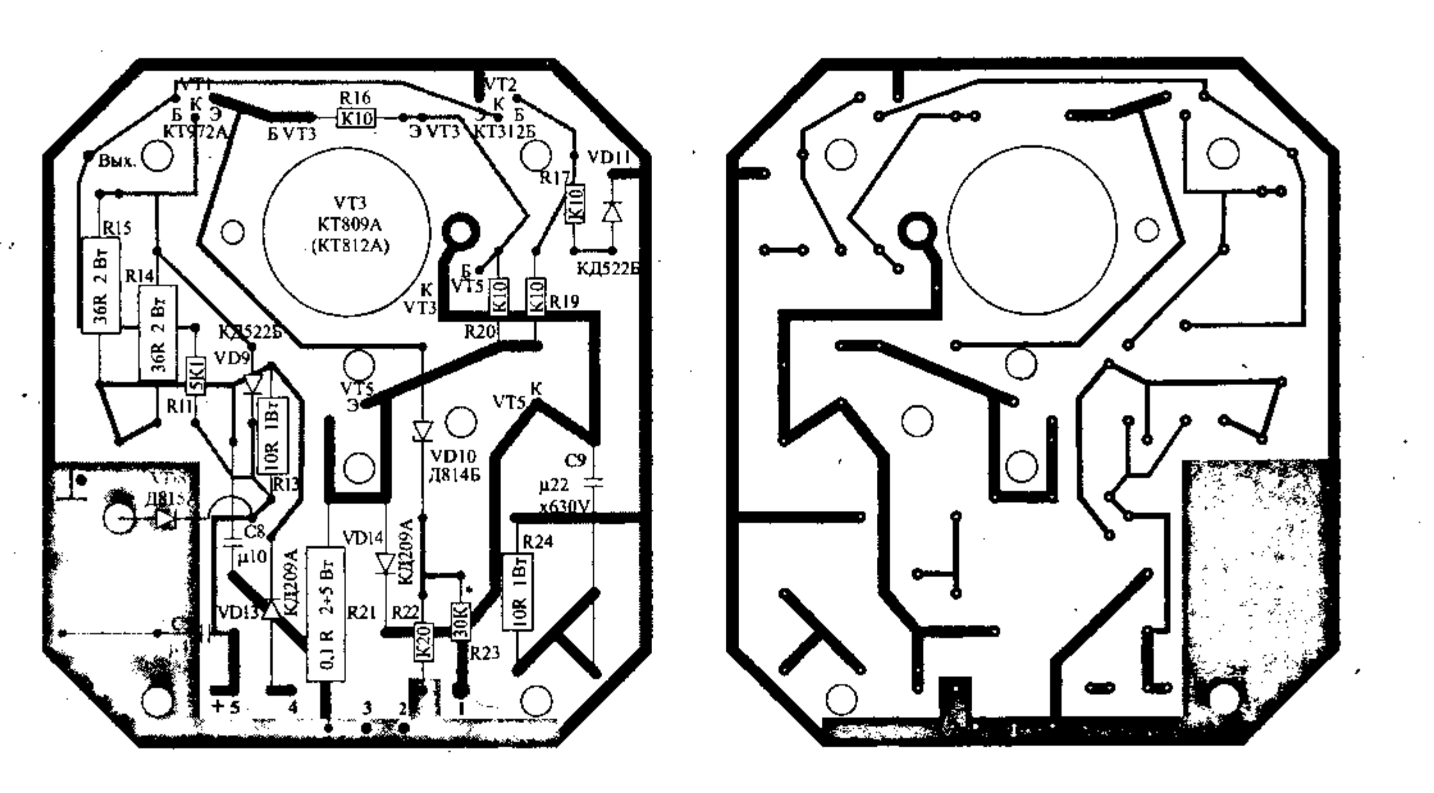


Рис. 7.1109. Монтажная силовая плата коммутатора ЭКЗ-01 (масштаб 1:1).

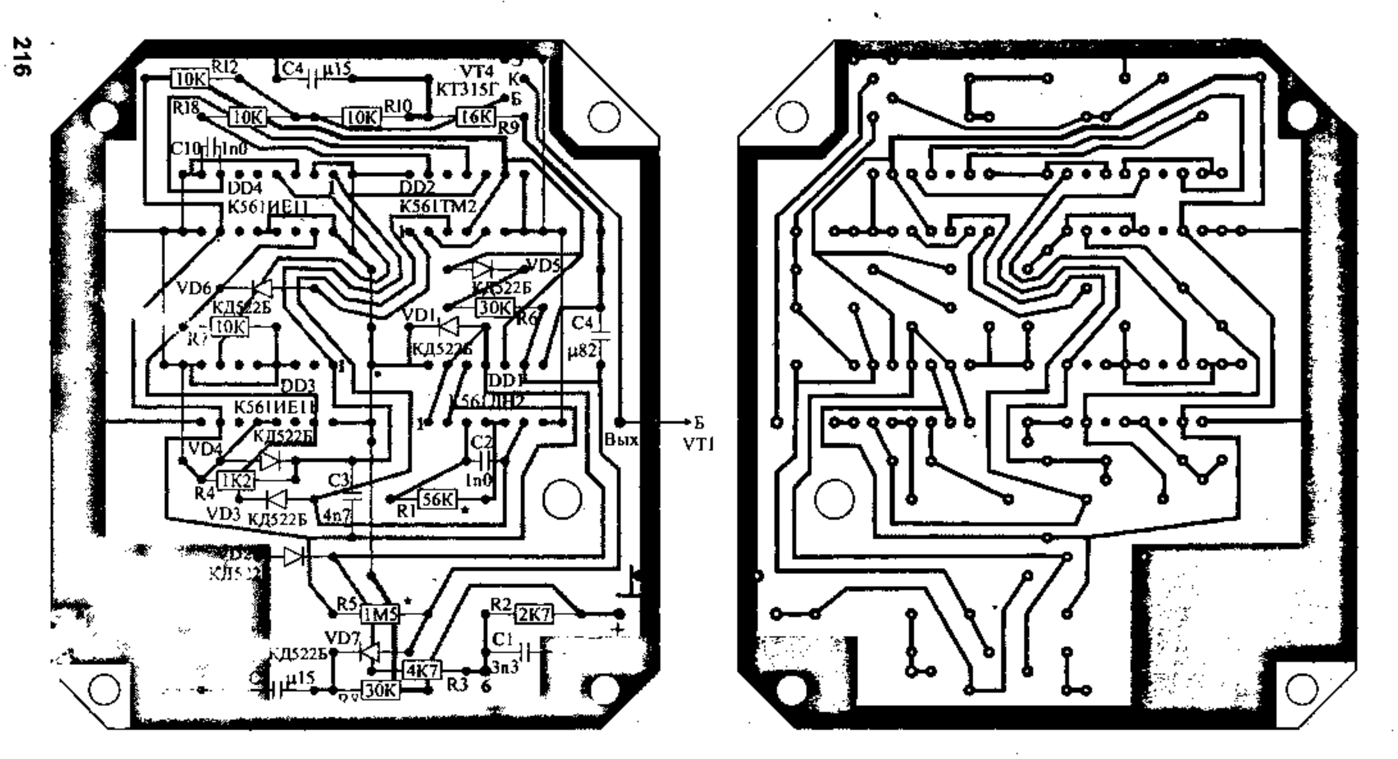


Рис. 7.110. Монтажная плата управления коммутатора ЭКЗ-01 (вариант 1) (масштаб 1:1).

Рис. 7.111. Монтажная плата управления коммутатора ЭКЗ-01 (вариант 2), масштаб 1:1.

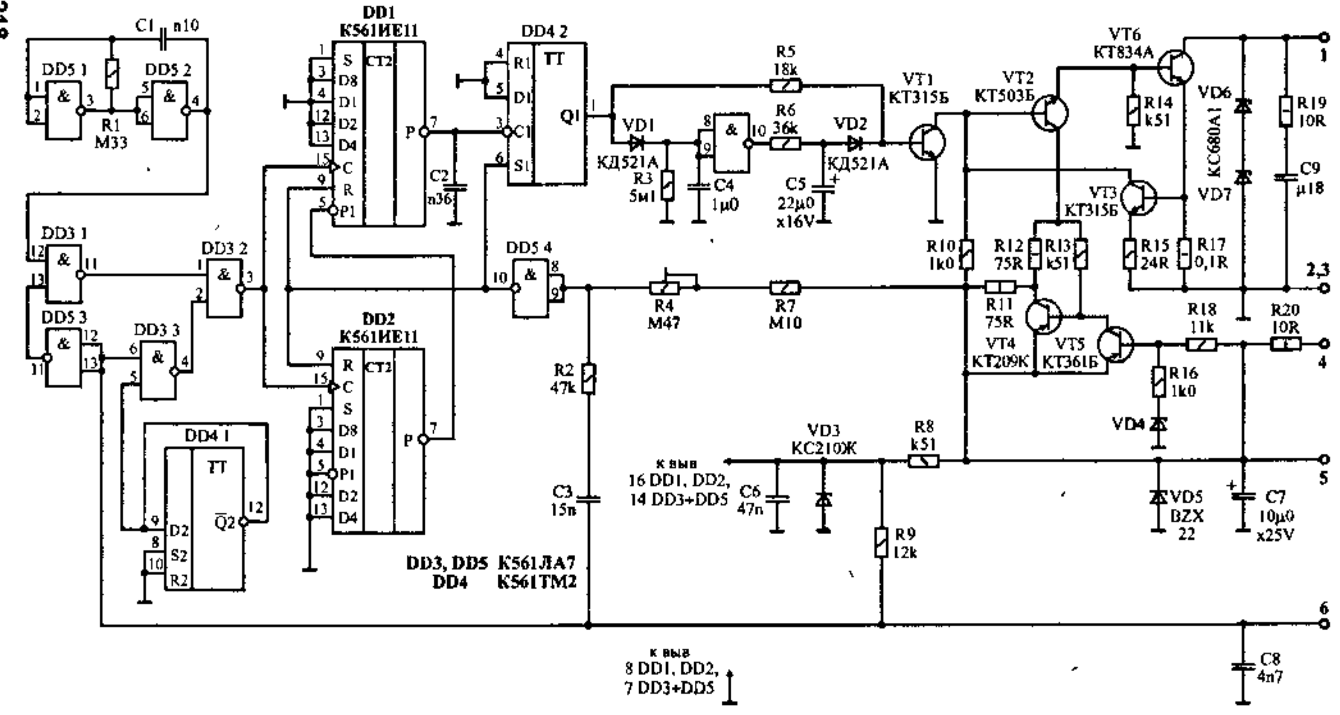
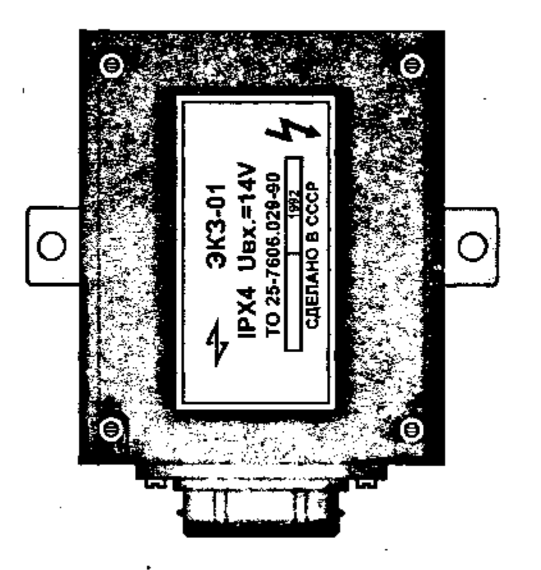


Рис. 7.112. Принципиальная схема коммутатора ЦКЗ-1 ("commutator logic").

Рис. 7.113. Монтажная плата коммутатора ЦКЗ-1 "commutator Logic" (масштаб 1:1).

1



2

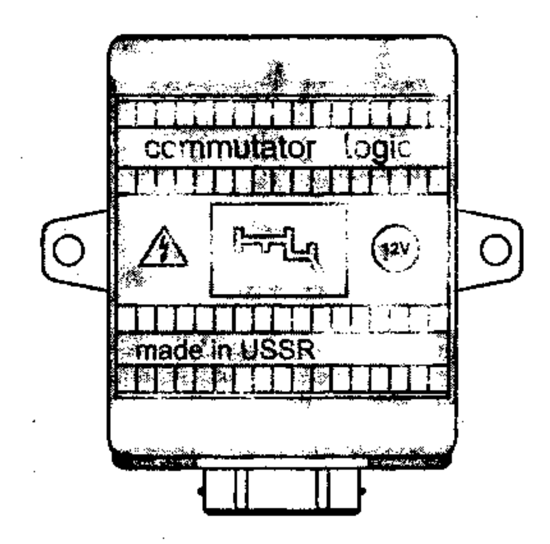


Рис. 7.114. Внешний вид коммутатора:
1 - ЭКЗ-01 (ТО 25 - 7606.029-90); 2 - "commutator Logic"
(масштаб 1:2).

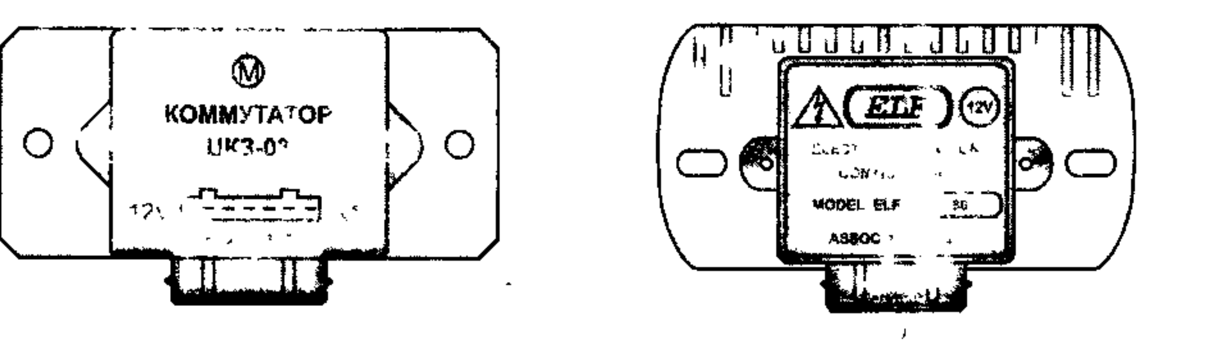
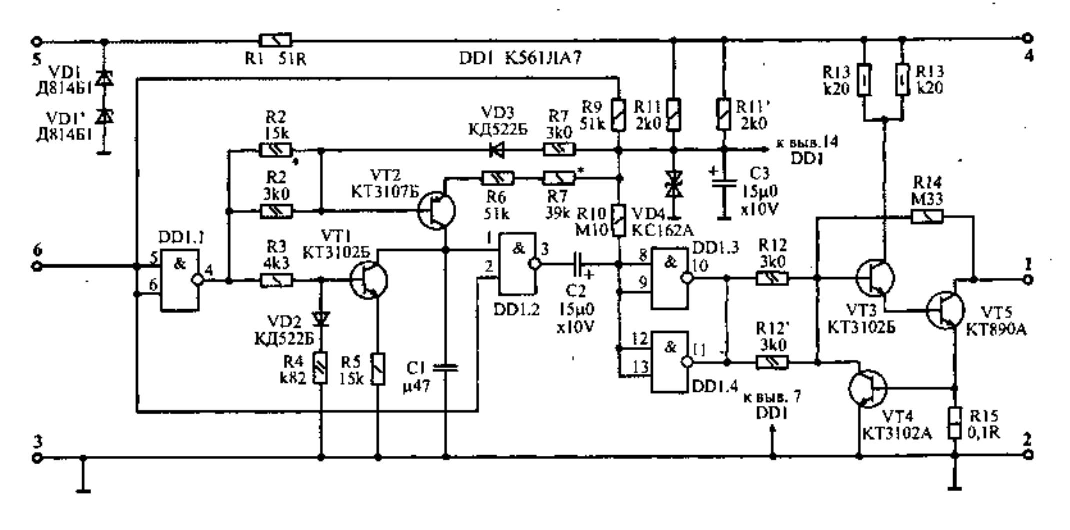
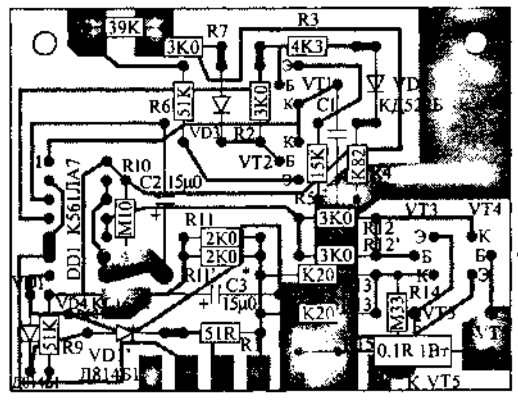


Рис. 7.115. Внешний вид коммутатора 1 - ЦКЗ-03, 2 - ELF-80 (масштаб 1 2)





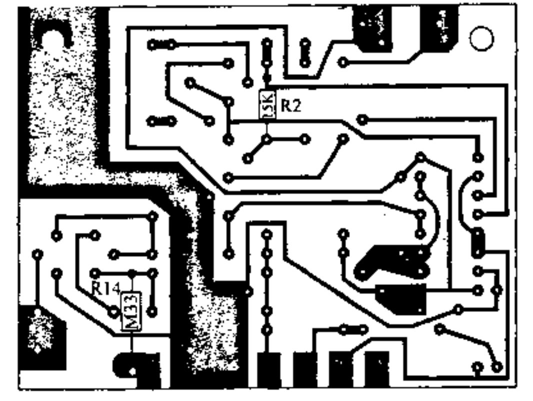


Рис. 7.116.
Принципиальная схема
и монтажная плата
коммутатора ЦКЗ-03
(масштаб 1:1).

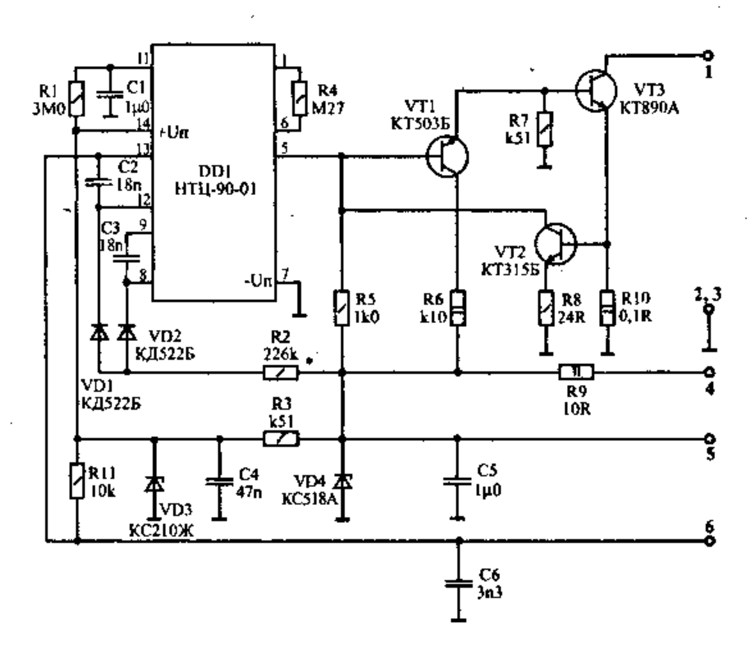


Рис. 7.117. Принципиальная схема коммутаторов ЦКЗ-1М ("commutator Logic") и ELF-80.

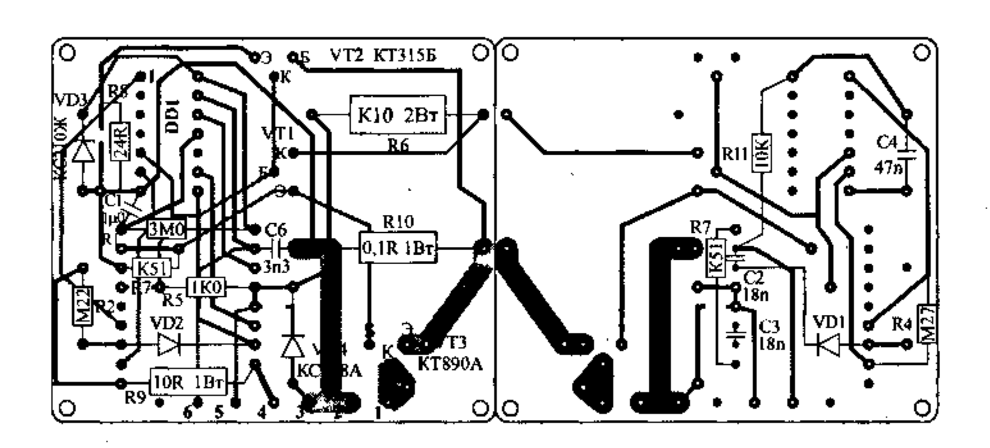
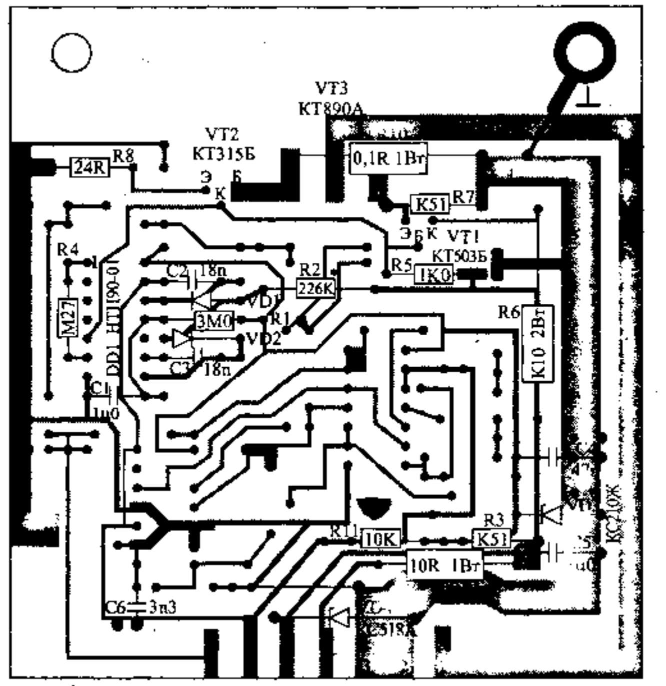


Рис. 7.118. Монтажная плата коммутатора ELF-80 (масштаб 1:1).

Примечание.

Нумерация деталей на заводской монтажной плате не совпадает с выше приведенной, так как плата предназначалась для другой схемы. Поэтому используется навесной монтаж, в том числе и на обратной стороне платы, что приводит к снижению виброустойчивости изделия.



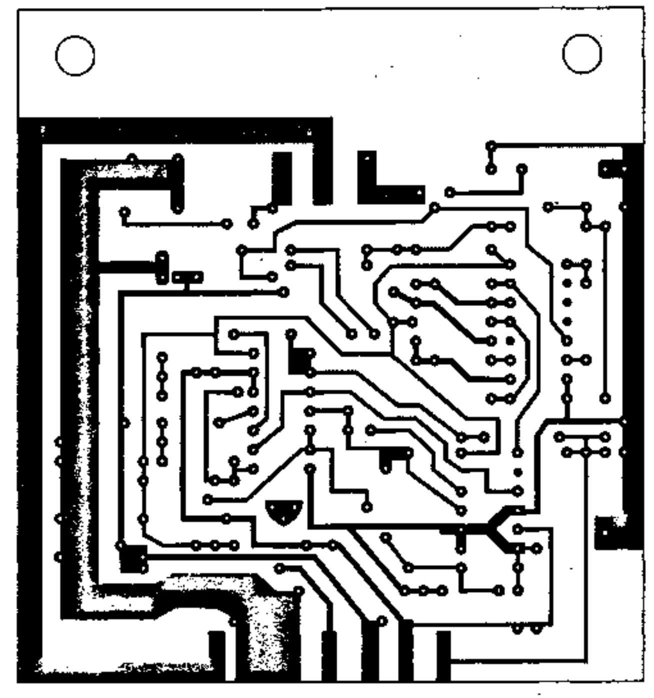


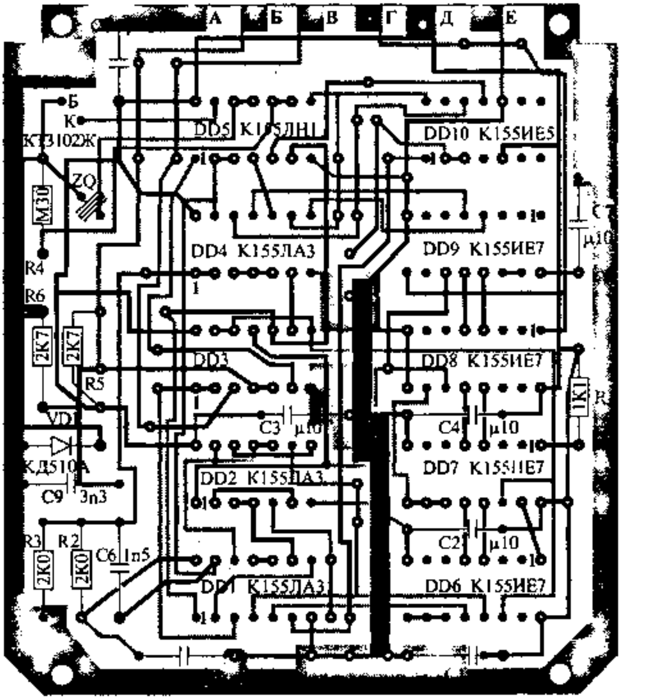
Рис. 7.119. Монтажная плата коммутатора ЦКЗ-1М ("commutator Logic") (масштаб 1:1).

1

2

Рис. 7.120. Внешний вид коммутатора: 1- на микросхемах 155 серии; 2 - 84.3734 (масштаб 1.2).

Рис. 7.121. Принципиальная схема платы управления коммутатора на микросхемах 155 серии.



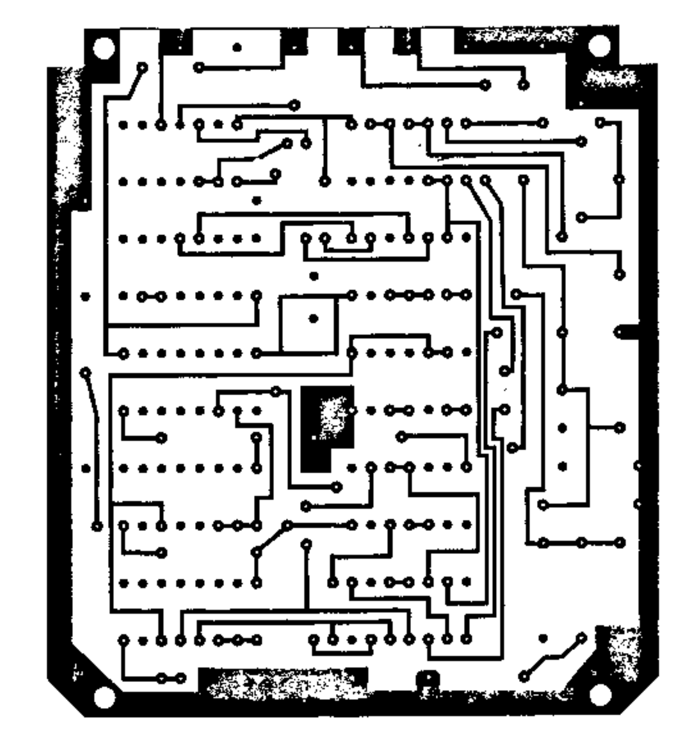


Рис. 7.122. Монтажная плата управления коммутатора на микросхемах 155 серии (масштаб 1:1).

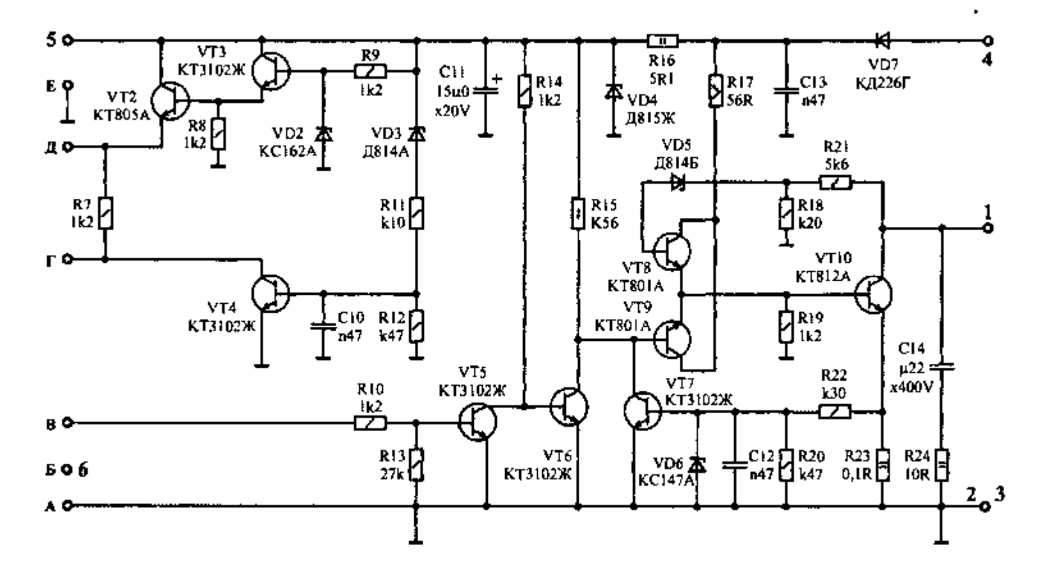


Рис. 7.123. Принципиальная схема силовой платы коммутатора на микросхемах 155 серии.

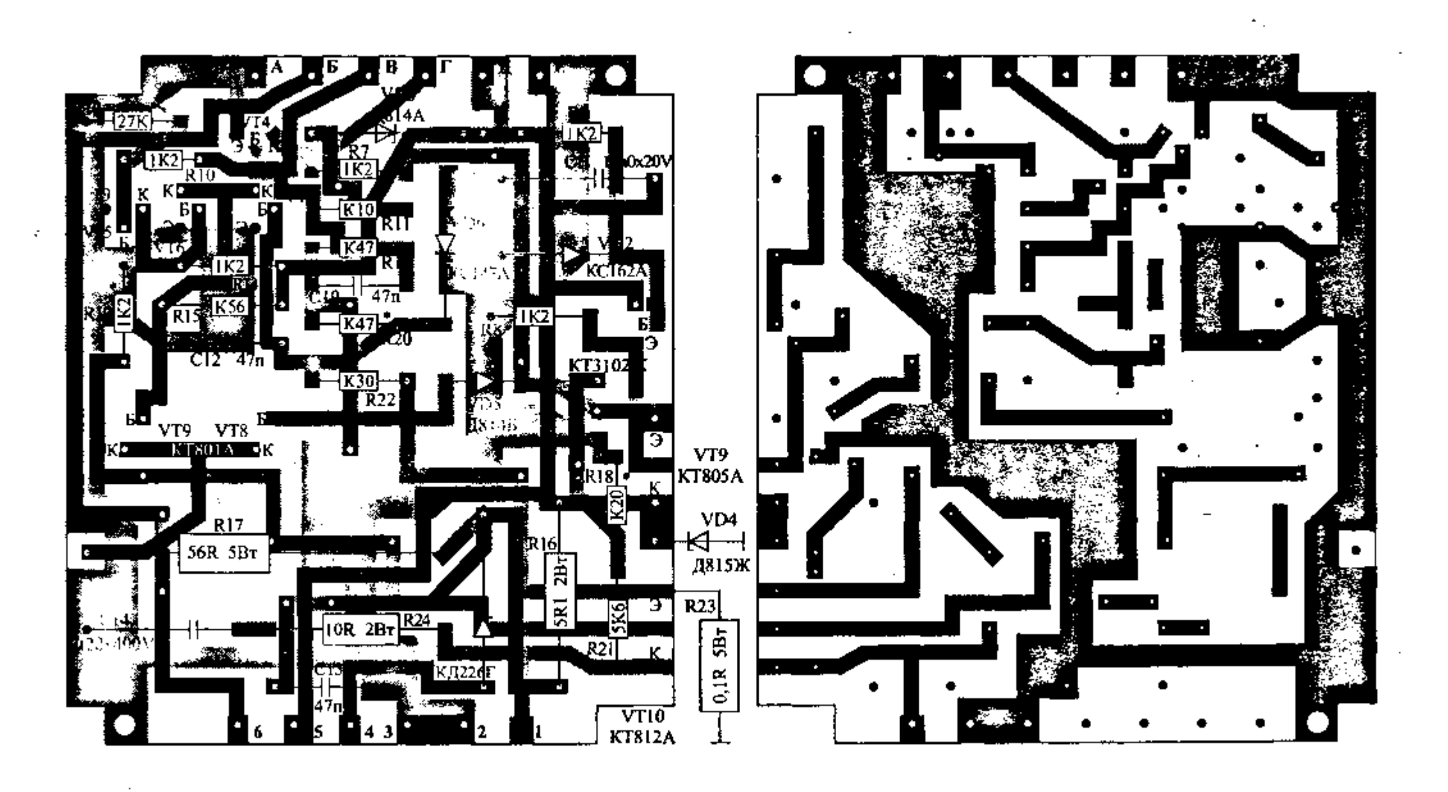


Рис. 7.124. Монтажная силовая плата коммутатора на микросхемах 155 серии (масштаб 1:1).

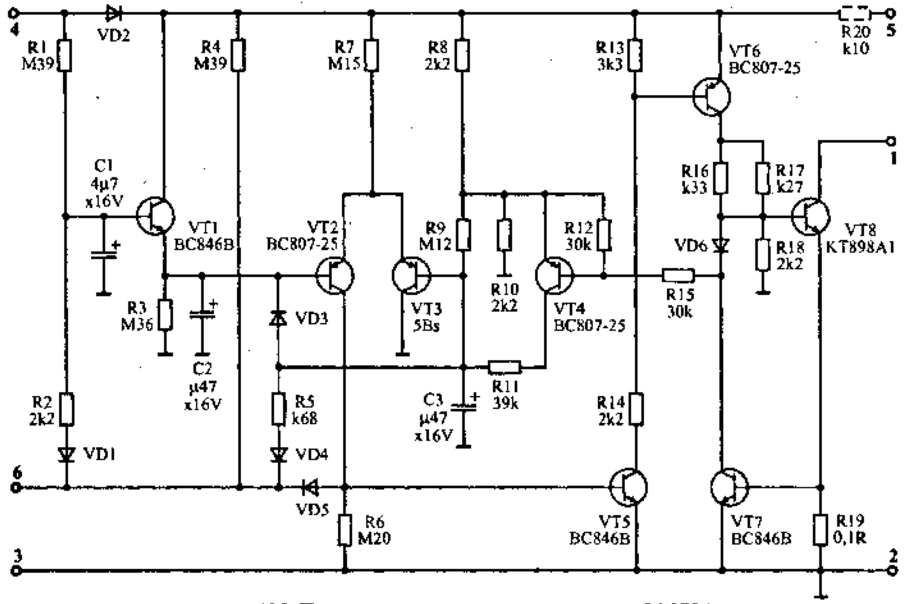


Рис. 7.125. Принципиальная схема коммутатора 84.3734.

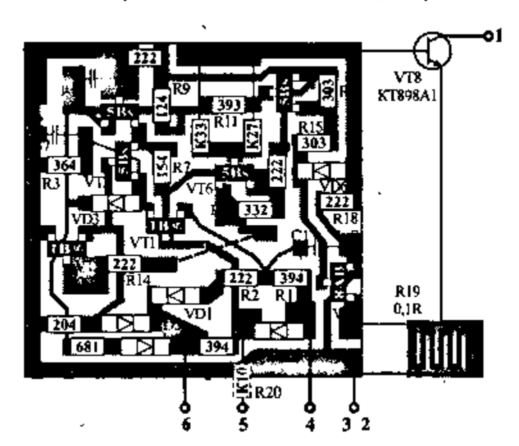


Рис. 7.126. Монтажная плата коммутатора 84.3734 (масштаб 1:2).

Примечание.

1. На рис. 7.142 показан внешний вид, код и цоколевка применяемых в коммутаторе транзисторов, а ниже, их типономинал и основные параметры.

а) 1B

б) 5Bs

Рис. 7.142. Внешний вид, код и цоколевка транзисторов в корпусе SOT23 (SOD23):
а - 1B (8AB) - BC846B - NPN - U_{CBO} = 80 В; I_C =100 мА; P = 300 мВт; h_{21} = 200 ÷ 450,
б - 5Bs (9FB) - BC807-25 - PNP - U_{CBO} = 50 В; I_C =500 мА; P = 300 мВт; h_{21} = 160 ÷ 400.

Рис. 7.127. Принципиальная схема коммутатора 76.3734 на транзисторах.

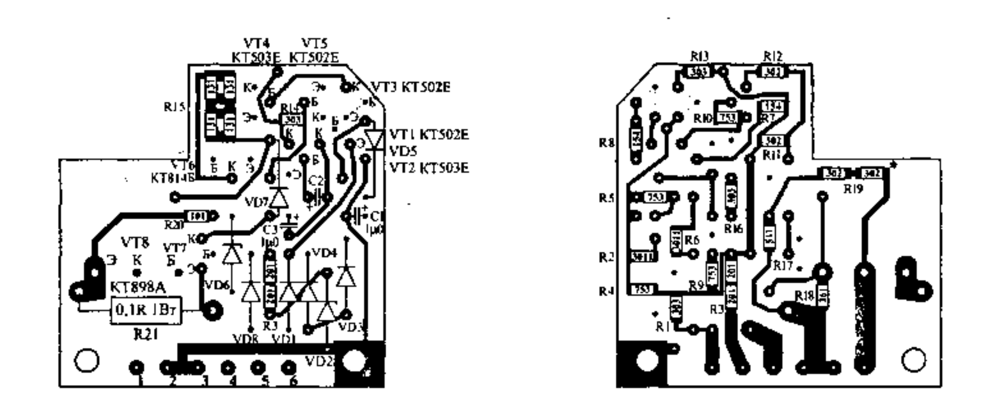


Рис. 7.128. Монтажная плата коммутатора 76.3734 на транзисторах, плохой вариант исполнения (масштаб 1:1).

Примечание. Внешний вид коммутатора показан на рис. 7.81.

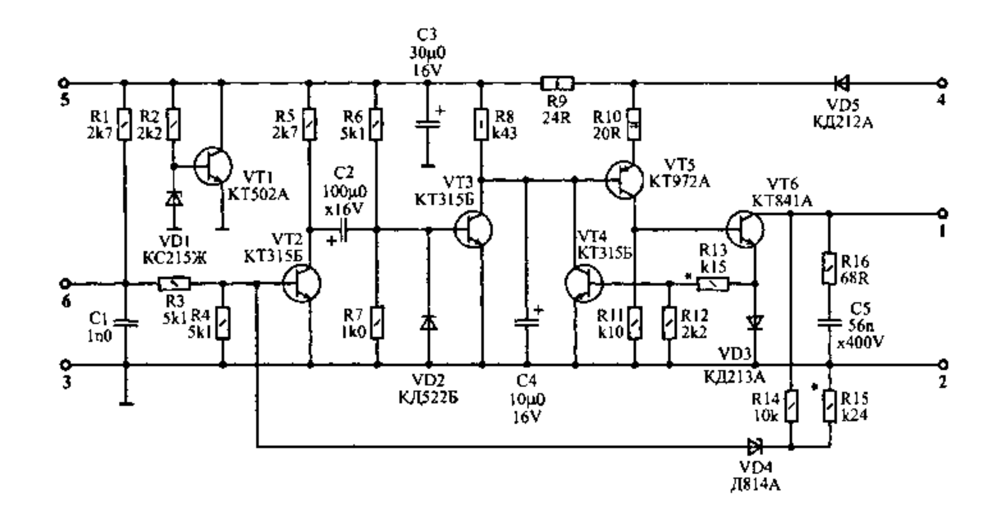


Рис. 7.129. Принципиальная схема электронного коммутатора 3620 3734 на транзисторах.

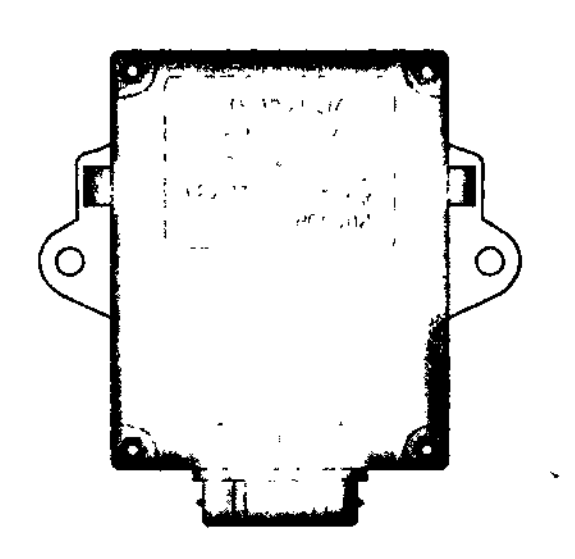


Рис. 7.130. Внешний вид электронного коммутатора 3620 3734 на транзисторах (масштаб 1 2)

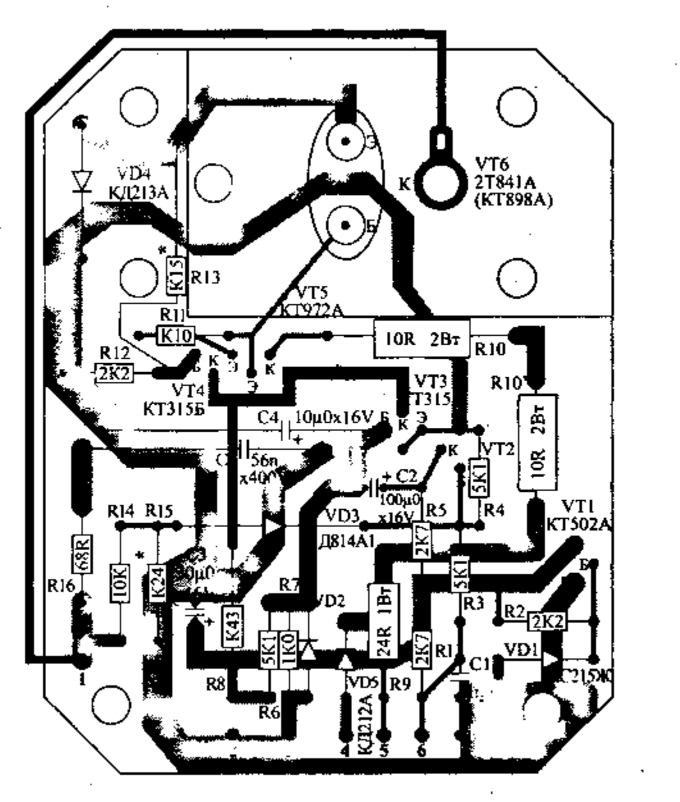


Рис. 7.131. Монтажная плата электронного коммутатора 3620.3734 на транзисторах (масштаб 1:1).

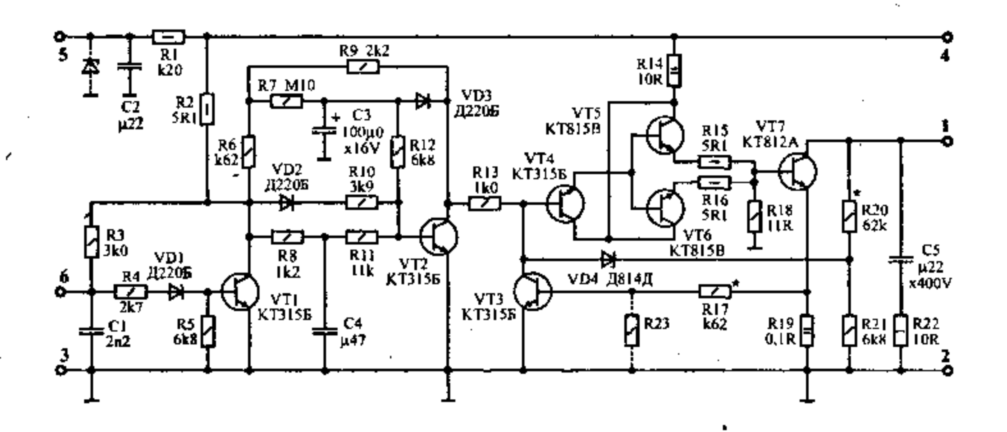


Рис. 7.132. Принципиальная схема коммутатора на транзисторах.

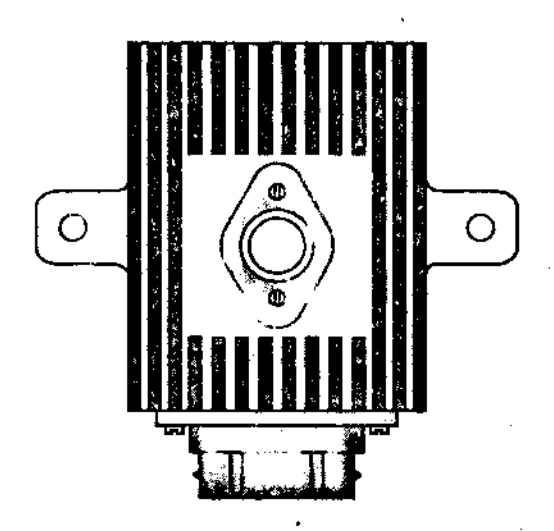
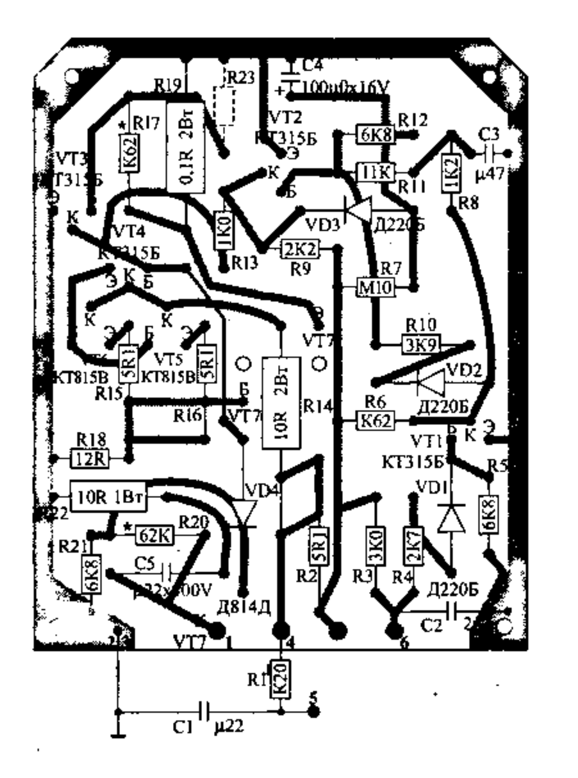


Рис. 7.133. Внешний вид коммутатора на транзисторах (масштаб 1:2).



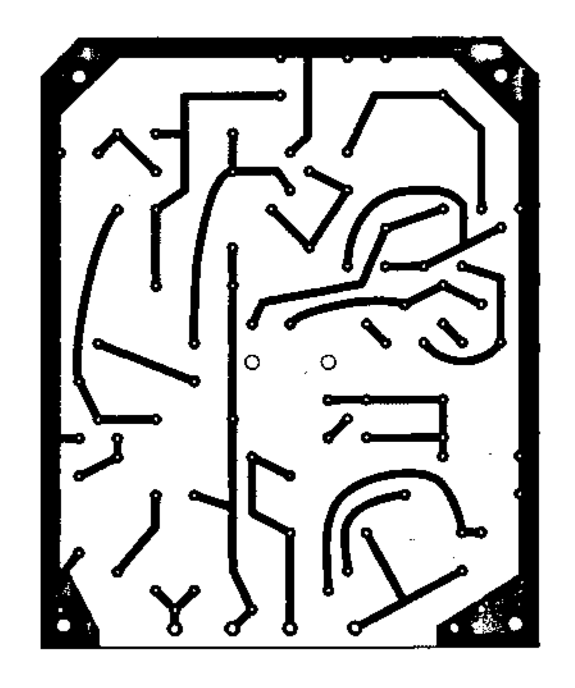


Рис. 7.134. Монтажная плата коммутатора на транзисторах (масштаб 1:1).

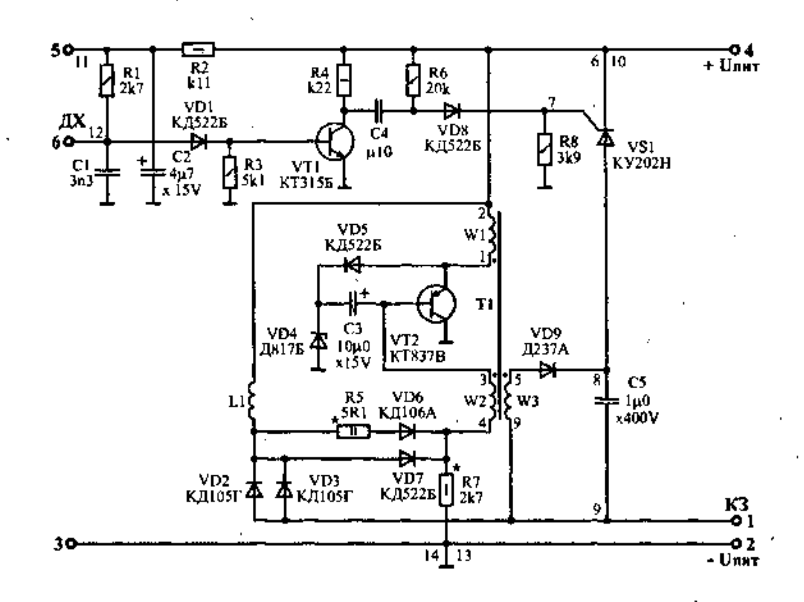


Рис. 7.135. Принципиальная схема коммутатора СЭЗ-1.

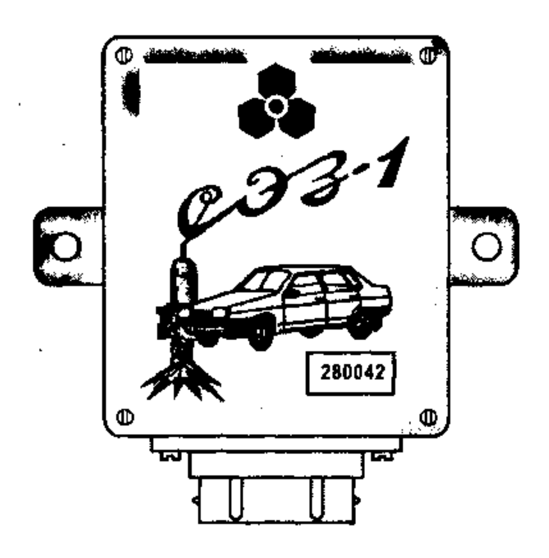


Рис. 7.136. Внешний вид коммутатора СЭЗ-1 (масштаб 1:2).

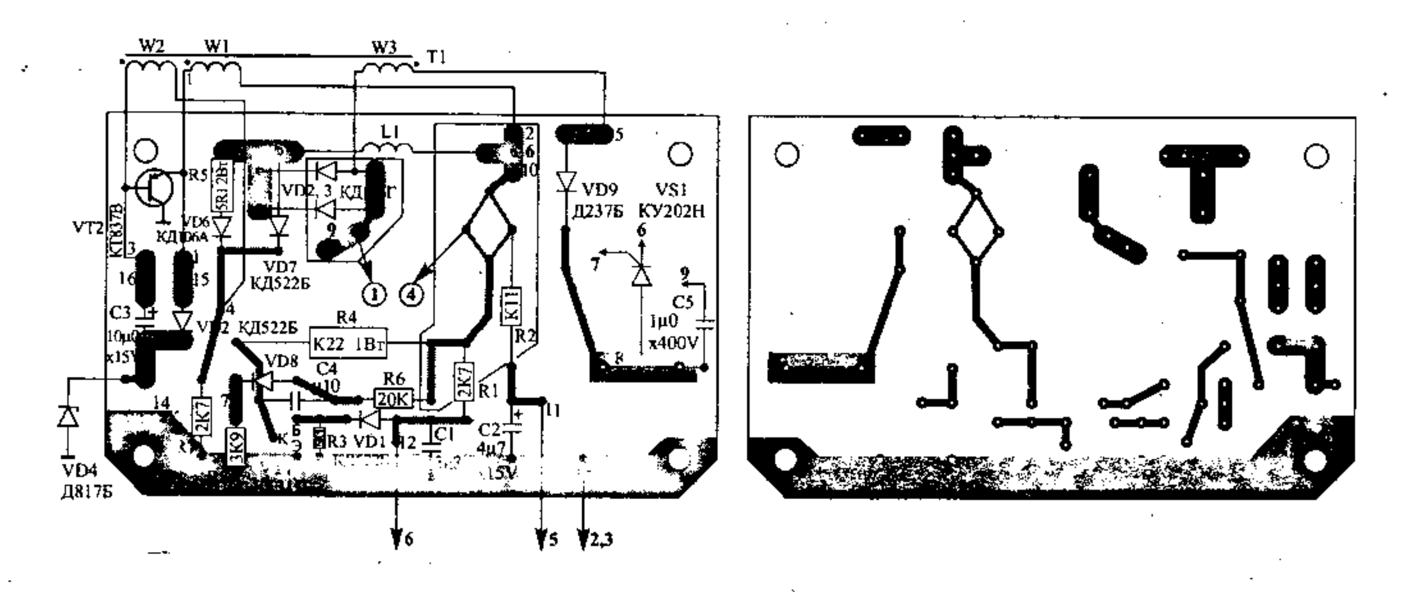


Рис. 7.137. Монтажная плата коммутатора СЭЗ-1 (масштаб 1:1).
Примечание. L1 имеет 30 витков провода ПЭВ-0,5 на картонном каркасе 30x1x5.

Блок А1

Рис. 7.138. Принципиальная схема двухканального коммутатора на тиристорах КЕ-50-2.

Рис. 7.139. Монтажная плата двухканального коммутатора на тиристорах КЕ-50-2 (масштаб 1:1).

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев С. - Применение микросхем серии К155/К176/К561/КР1561. - Радио, 1977 + 1991.
2. Беспалов В. - Блок зажигания для ВАЗ - 2108 и ВАЗ - 2109. - Радио, 1998, №8, С52 + 53.
3. Булычев А. - Аналоговые интегральные схемы. - Минск, "Беларусь", 1993.
4. Бельский И. - Электронное зажигание. - Радиолюбитель, 1991, №8, С18, 19.
5. Данов Б.А, Рогачев В.Д. - Электронные приборы автомобилей. - М.: Транспорт, 1992.
6. Кизлюк А.И. - Справочник по устройству и ремонту телефонных аппаратов зарубежного и отечественного производства. Москва, "АНТЕЛКОМ", 1998.
7. Колодочник М. - Зажигательная родословная. - За рулем, 1998, №8, С234, 235.
8. Колодочник М. - Коммутаторы для "Самары" - какой выбрать. - За рулем, 1998, №11, С78, 79.
9. Колодочник М. - Волжские поджигатели. - За рулем, 2000, №3, С146, 147.
10. Колодочник М. - Алло, коммутатор. - За рулем, 2001, №3, С84, 85.
11. Колпаков А. - Система электронного зажигания на IGBT транзисторах. - Схемотехника, 2000, №2, С5 + 8.
12. Крылов В. - Основные параметры и устройство ОУ. - Радио, 1977, №2, С40-42.
13. Прохоров Б.В. - Автомобили ВАЗ. - Л.: Машиностроение, 1989.
14. Синельников А.Х. - Электроника в автомобиле. - М.: Радио и связь, 1989.
15. Скобелев Г. - Блок электронного зажигания. - Радиолюбитель, 1998, №12, С32, 33.
16. Сорокин А. - Электронная система зажигания. Радиолюбитель, 2000, №9, С18.
17. Сорокин А. - Усовершенствованная электронная система зажигания автомобиля Радиолюбитель, 2001, №4, С8, 9
18. Тарабрин Б. - Интегральные микросхемы. - Москва, "Радио и связь", 1983.
19. Ухина В. - Индексы на электроприборах. - За рулем, 1990, №1, С29, 30.
20. Чепланов В., Пустельников С. - Система зажигания ВАЗ-2108. - За рулем, 1989, №9, С29, 30.
21. Щербатюк В. - Электронное зажигание с новым способом поджига смеси. Радиолюбитель, 1999, №7, С26 + 28.
22. Щербатюк В. - Блоки импульсного плазменного зажигания в автомобиле Радиолюбитель, 1999, №12, стр. 27, 28.
23. Щербатюк В. - Зажигание с новым способом поджига смеси. Радиолюбитель, 2000, №11, С18.
24. Ютт В. - Электрооборудование автомобилей. - М.: Транспорт, 1989.

Ходасевич Александр Геннадьевич
Ходасевич Татьяна Ивановна

СПРАВОЧНИК
ПО УСТРОЙСТВУ И РЕМОНТУ
ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ АВТОМОБИЛЕЙ
Часть 1
ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ

Формат 60x88/16. Объем 15,0 п.л.
Тираж 3100 экз. Заказ №560

Издательство "АНТЕЛКОМ"
107078, г. Москва, Большой Харитоньевский пер.,
д. 21/6, стр. 2, пом. правления.
ЛР № 065956 от 18.06.98

ISBN 5-93604-016-X

Московская типография № 9
Комитета Российской Федерации по печати
109033, Москва, Волочаевская ул., 40